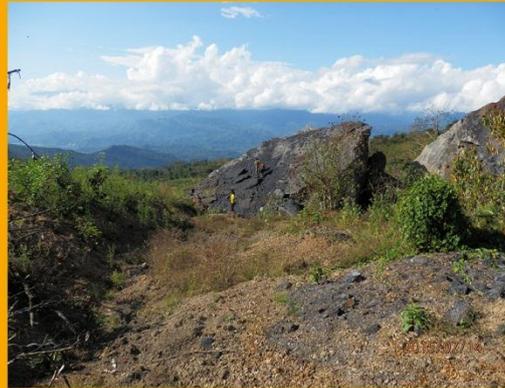


Informe Técnico N° A6691

# PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES DE AHUARUCHAYOCC Y ARROYO NEGRO

Región Ayacucho, Provincia La Mar,

Distrito Ayna, Pajares Ahuaruchayocc y Arroyo Negro



POR:  
DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ

AGOSTO 2015

# PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES AHUACHAYOCC Y ARROYO NEGRO

Distrito Ayna - Provincia La Mar – Región Ayacucho

## CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>TRABAJOS ANTERIORES.....</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA .....</b>	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
	RÍO SHANKIRWATO.....	5
<b>5.</b>	<b>ASPECTOS GEOLOGICOS.....</b>	<b>5</b>
5.1	FORMACIÓN ANANEA (SD-a).....	6
5.2	GRUPO CABANILLAS (D-ca).....	6
5.3	FORMACIÓN LA MERCED (NQ-lm).....	7
5.4	DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al).....	7
<b>6.</b>	<b>PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>8</b>
6.1	DESLIZAMIENTO.....	8
6.2	DESLIZAMIENTO SECTOR AHUARUCHAYOCC.....	11
6.3	DESLIZAMIENTO SECTOR ARROYO NEGRO.....	17
6.3.1	DESLIZAMIENTO ANTIGUOS.....	17
6.3.2	DESLIZAMIENTOS RECIENTES.....	18
<b>7.</b>	<b>MEDIDAS CORRECTIVAS.....</b>	<b>23</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>25</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA:.....</b>	<b>26</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>27</b>

## **FIGURAS**

- Figura 1: Peligros geológicos en el sector de Ayna San Francisco.
- Figura 2: Mapa de ubicación.
- Figura 3: Mapa geomorfológico.
- Figura 4: Perfil del río Shankirwato.
- Figura 5: Mapa Geológico.
- Figura 6: Esquema de un deslizamiento.
- Figura 7: Mapa de peligros geológicos.
- Figura 8: Detalle de una canaleta de drenaje superficial
- Figura 9: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos
- Figura 10: Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos
- Figura 11 y 12: Medidas correctivas para flujos de detritos
- Figura 13 Vista en perfil y en planta de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes inestables
- Figura 14: Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipiente

## **FOTOS**

- Foto 1: Cauce del río Shankirwato.
- Foto 2: Vista tomada con dirección SE, donde se observa el flanco derecho y parte de la escarpa principal del deslizamiento en el sector de Ahuaruchayoc.
- Foto 3: Vista tomada con dirección SE, donde se observa el escarpe principal con salto vertical aproximado de 5 m.
- Foto 4: Vista tomada con dirección SE donde se observa escarpa principal también se observa escarpes intermedios.
- Foto 5: Vista tomada con dirección NE, donde se puede observar el pie y parte del cuerpo del deslizamiento.
- Foto 6: Vista tomada con dirección NE, donde se observa el pie del deslizamiento.
- Foto 7: Vistas tomadas con dirección SE, donde la foto (A) se observa residuos de un puquial que se encuentra en la parte superior del cuerpo del deslizamiento. Foto (B) se observa depósito lacustrino producto del desembalse del puquial generado por el movimiento del terreno.
- Foto 8: Vista donde se observa cuatro puquiales formadas por las filtraciones de las aguas, puquiales que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento..
- Foto.9: Vista del material desplazado (depósito coluvial) donde también se observa bloques de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas con diámetros que alcanzan hasta los 6 m.
- Foto 10: Vista tomada con dirección NE, se observa el embalse del río Shankirwato, con una longitud de 150 m aproximado.
- Foto11: Vista tomada con dirección SO, donde se observa el levantamiento de la plataforma de carretera que es afectado por el movimiento del cuerpo deslizado (basculamiento).
- Foto 12: Vista tomada con dirección NO, donde se puede observar la escarpa principal de la reactivación del deslizamiento rotacional en el sector de Arroyo Negro de continuar con el movimiento afectaría 02 viviendas que se encuentran próximos a la escarpa.
- Foto 13: Vista tomada con dirección SO, donde se observa grietas de tracción con salto de 0.2m abertura de 0.1m.

Foto 14: Vista tomada con dirección SO, se observa la escarpa principal del deslizamiento (B), en el sector Arroyo Negro, longitud de escarpa principal 70 m. y salto vertical es 2 m aproximadamente.

Foto 15: Vista tomada con dirección SO, se observa parte del cuerpo de deslizamiento rotacional en el sector Arroyo Negro.

Foto 16: Sector por donde se canalizo la masa originada por el derrumbe.

# **PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES AHUARUCHAYOCC Y ARROYO NEGRO**

**Distrito Ayna - Provincia La Mar – Región Ayacucho**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el periodo lluvioso 2015, se presentaron intensas lluvias que afectaron la jurisdicción de la localidad de Ayna, San Francisco, generando deslizamientos y derrumbes en los sectores de Ahuaruchayocc y Arroyo Negro.

El Alcalde de la municipalidad distrital de Ayna, mediante Oficio N°080-2015-MDA/A de fecha 19 de marzo, dirigida a la Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicita un informe técnico por peligro inminente a erosión fluvial y peligros geológicos.

Atendiendo a esta solicitud, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET comisiona al Ing. Hugo Dulio Gómez Velásquez a realizar dicha evaluación técnica. Los trabajos de campo se realizaron entre el 13 al 16 de julio del 2015, previas coordinaciones con el Ing. Edgar Paquiyaui, gerente municipal del distrito de Ayna. En los trabajos de campo se contó con la presencia de autoridades de los dos centros poblados evaluados: los señores Simón Vivanco Esquivel y Leonardo Pérez Laura, alcalde y teniente gobernador del Centro Poblado Ahuaruchayocc; los señores Prudencio Zapata Sánchez y Richard Aguilar Yaros, Teniente Gobernador y secretario del Centro Poblado Arroyo , respectivamente.

Este informe, se sustenta en la inspección efectuada, datos obtenidos en las observaciones de campo, versiones de los pobladores, así como de la información disponible de trabajos anteriores realizados por INGEMMET en el área de estudio. Incluye texto, ilustraciones fotográficas del área, así como conclusiones y recomendaciones.

## **2. TRABAJOS ANTERIORES**

Existen informes técnicos y estudios geológicos y geodinámicos, que involucran el área mencionada, como los siguientes.

- a) Boletín N° 120 Serie A: Geología de los cuadrángulos de Llochegua, rio Picha y San Francisco (Monge et al., 1998), que describen las unidades geológicas del sector de Ayna.
- b) Boletín N° 28 Serie C: Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3 (Guzmán et al., 2003), donde se hace mención que el sector de Ayna San Francisco, está considerado dentro de una zona de alta susceptibilidad a los peligros por movimientos en masa.
- c) Informe Técnico N° A6596: Peligro Geológicos en el sector de Ayna San Francisco (Nuñez, S., 2012), donde se analiza la morfología y dinámica del río Shankirwato y sus efectos, la generación de erosión en sus márgenes

inestabilizando las laderas y generando derrumbes o deslizamientos. (ver figura 1).

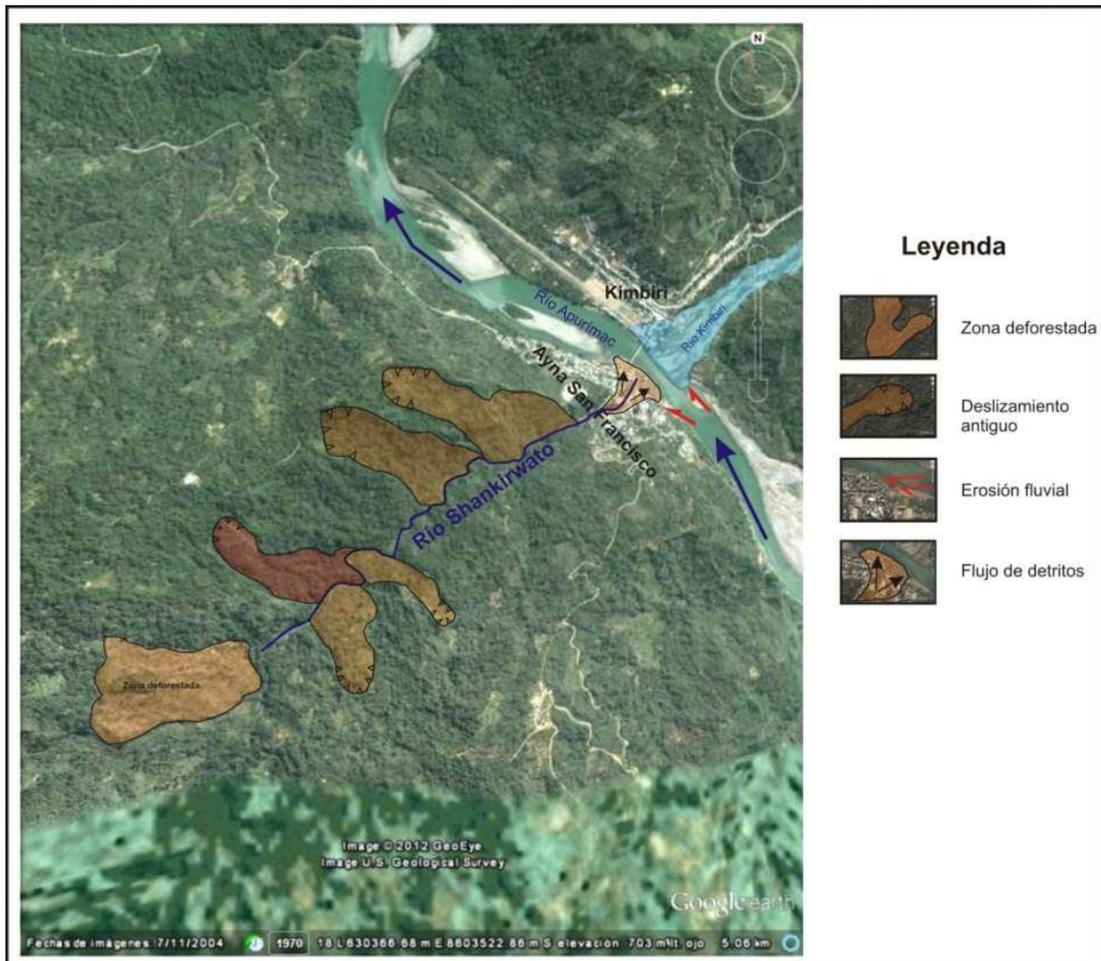


Figura 1. Peligros geológicos (derrumbes, deslizamiento y flujo de detritos) identificados en ambas márgenes del río Shankirwato. También se puede observar que el poblado de Ayna San Francisco se encuentra asentado sobre el depósito de flujo. (Nuñez S. 2012)

### 3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

Los centros poblados de Ahuaruchayoc y Arroyo Negro se ubican en la margen derecha e izquierda respectivamente del río Shankirwato (figura 2) que es afluente del río Apurímac el mismo es parte del Valle Rio Apurímac Ene y Mantaro – VRAEM. El distrito cuenta con una población de 10 196 habitantes (INEI-2007), que se dedican principalmente a la agricultura.

El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM: 8598500 – 8602000 Norte y 627500 – 630400 Este; con una altitud de 920 m.s.n.m.

Se accede desde Ayacucho, a través de la carretera Ayacucho – Tambo – Máchente – Rosario – Ayna San Francisco (carretera afirmada), con 190 km de longitud (ocho horas en camioneta) y para acceder al sector de estudio se

realizar por una vía afirmada de Mercedes Pampa – Arroyo Negro progresiva 6+600.

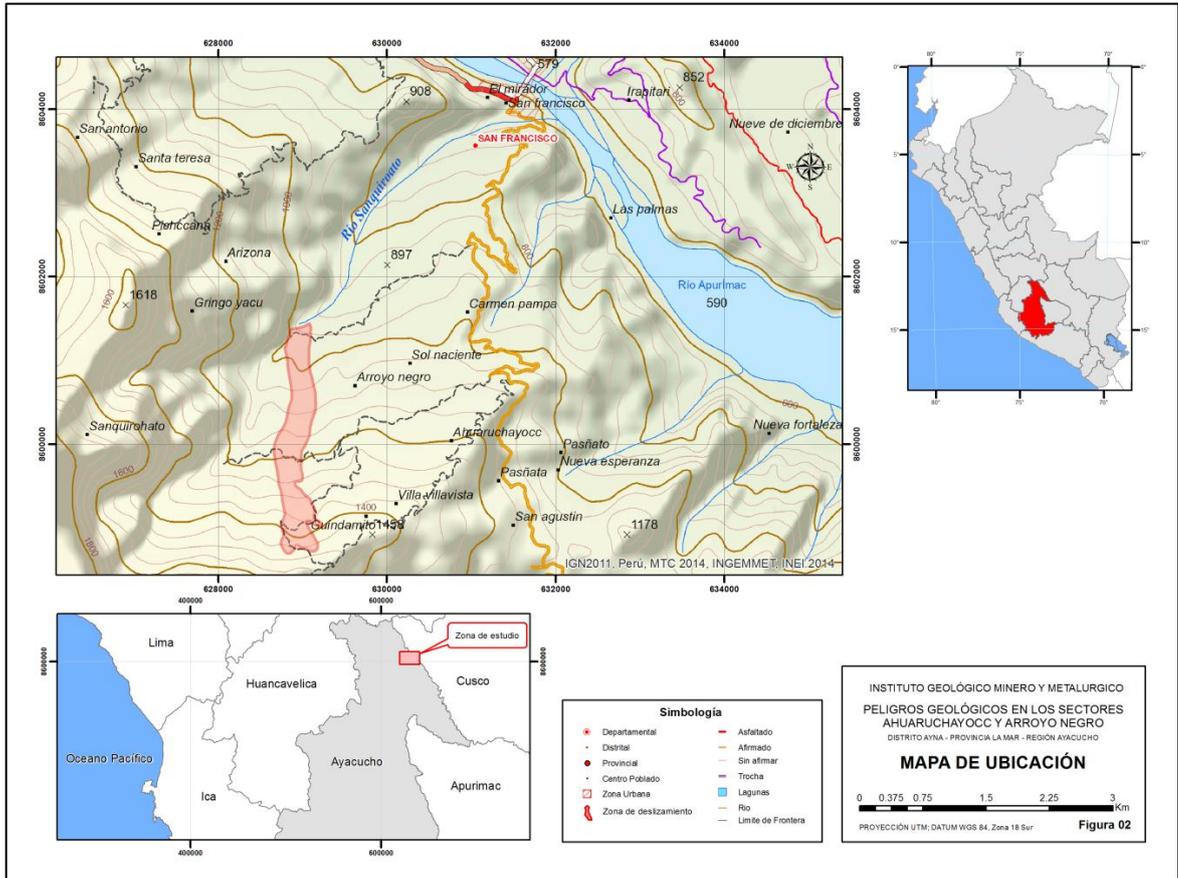


Figura 2: Mapa de ubicación.

La zona presenta **clima** tropical y húmedo. En la actualidad, el sector no cuenta con estación hidrometeorológica; sin embargo de la estación de Pichari, la más cercana al área de trabajo (última en funcionar), se han registrado precipitaciones de 2 184,6 mm anuales (SENAMHI, 2003).

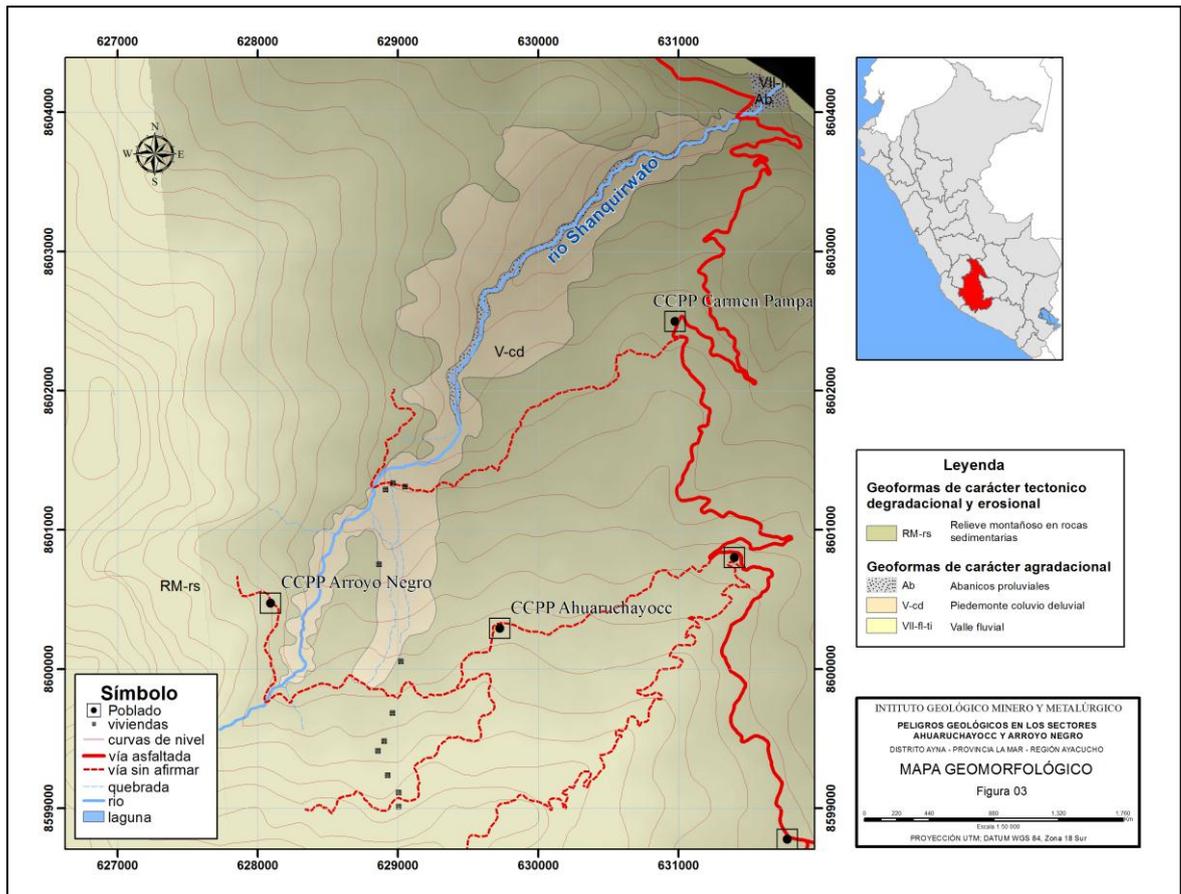
#### 4. GEOMORFOLOGÍA

En el sector se han podido identificar dos grandes grupos de unidades de relieve morfológico, que se describe a continuación:

##### a) **Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional**

Relieve montañoso en rocas sedimentarias: dentro de esta unidad se encuentran afloramientos de rocas sedimentarias afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por areniscas, limolitas, conglomerados, calizas y cuarcitas, de edad Paleozoica.

Presentan laderas con pendientes medias a fuerte, como se observa en los sectores de Ahuaruchayoc y Arroyo Negro. (ver figura 3).



**Figura 3** Mapa geomorfológico de los sectores Ahuaruchayoc y Arroyo Negro, distrito Ayna San Francisco.

## b) Geoformas de carácter agradacional

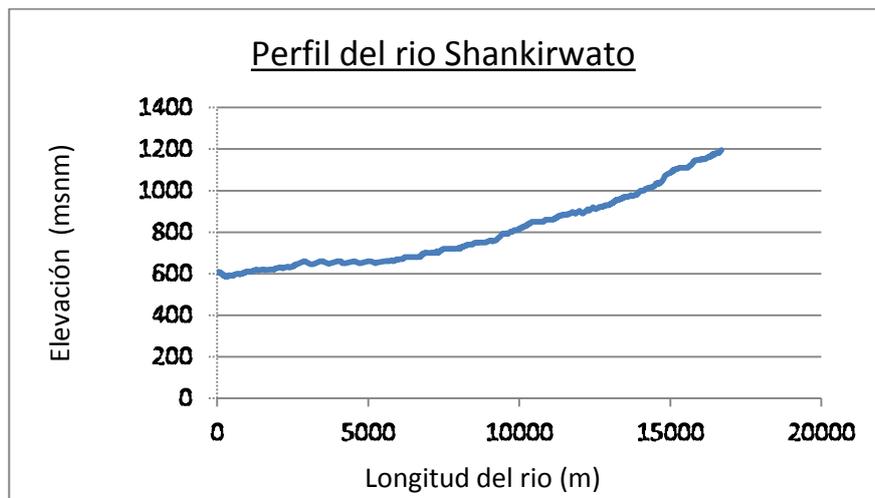
Representadas por las formas de terreno resultantes de la acumulación de material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores, aquí se tiene:

Valle fluvial: Se consideran dentro de esta subunidad, a los terrenos planos de ancho variable, ubicados en el cauce o en la llanura de inundación del río Apurímac.

Abanico proluvial: Conos y abanicos con ligera pendiente hacia el valle, desde suave ( $2^\circ$ ) hasta moderadas ( $10^\circ$ - $15^\circ$ ), formados por acumulaciones en la desembocadura de quebradas o ríos tributarios. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos de tamaños variados. Originados por eventos individuales de diferente magnitud, muestran depósitos de extensiones y altura variable, confundándose en algunos casos con terrazas aluviales. Están asociados a flujos de detritos (huaicos) ocasionales y excepcionales, y proceso de erosión de laderas.

## RÍO SHANKIRWATO

Este río presenta un drenaje de tipo rectilíneo, las corrientes se caracterizan por tener una sinuosidad baja (menor a 1,5) y multiplicidad 1, es decir, un único canal. Por ser un río juvenil, con perfil típico en "V", generalmente es muy inestable, y tiende a evolucionar a otro tipo de río; por ello erosionan sus paredes laterales, inestabilizando las laderas y generando derrumbes o deslizamientos. La pendiente media del cauce es de 3.5 % (ver figura 4) y se puede determinar que el caudal es de alta energía y gran capacidad erosiva.

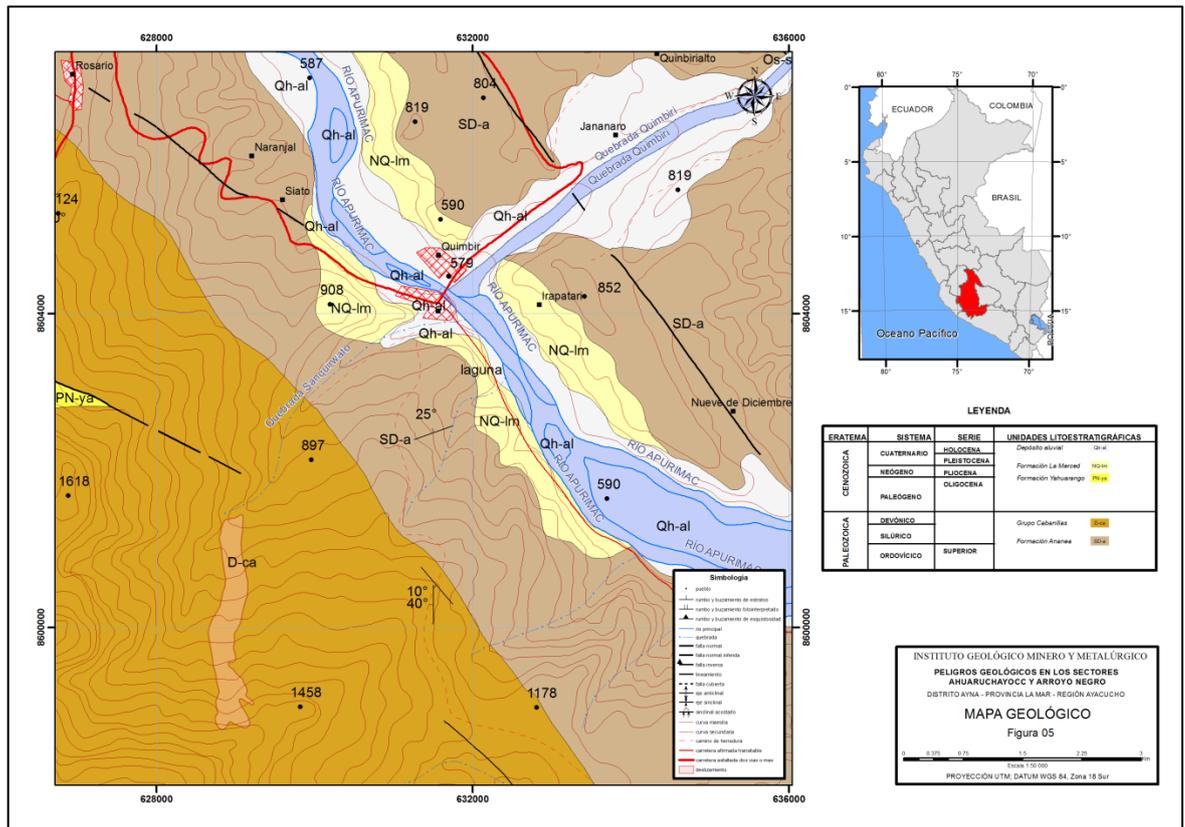


**Figura 4** Perfil del cauce del río Shankirwato

Piedemonte coluvio - deluviales: Corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas y/o movimientos complejos), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas. Generalmente son gravas y bloques cuya composición litológica es heterogénea; son depósitos de corto recorrido, relacionados a laderas superiores adyacentes, su morfología es esencialmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa. Asociada a procesos de tipo deslizamientos, derrumbes y flujos no canalizados.

## 5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la Cartografía Geológica en el cuadrángulo de San Francisco (Monge et. al., 1998), en el área de estudio se presentan las siguientes unidades geológicas (figura 5).



**Figura 5:** Unidades geológicas los sectores Ahuaruchayoc y Arroyo Negro, distrito Ayna San Francisco. (Fuente INGEMMET)

### 5.1 FORMACIÓN ANAEA (SD-a)

Se trata de una gruesa y continua secuencia pizarrosa, arcillo-arenosa, que aflora en la localidad del mismo nombre.

En la zona de estudio aflora como una gruesa secuencia de pizarras, pizarras-limolíticas, areniscas y areniscas cuarzosas muy subordinadas en capas delgadas.

### 5.2 GRUPO CABANILLAS (D-ca)

Esta unidad aflora en las nacientes del río Shankirwato. Monge, R. (1998) la divide en dos miembros:

Inferior.- Conformado por una alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas en menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas laminares de color negro beige con presencia de micas. Superior.- Representada por una intercalación de limolitas pizarrosas negras, laminares, micáceas y en menor proporción niveles delgados de arenisca cuarzosa con estratificación sesgada en pequeña escala

En esta unidad se pueden generar deslizamientos, derrumbes como también flujos de detritos.

### 5.3 FORMACIÓN LA MERCED (NQ-lm)

En el área de estudio, se distribuye en la margen izquierda del río Apurímac, entre el sector de Ayna San Francisco, siguiendo una dirección noroeste.

Está constituida por una gruesa secuencia de conglomerados polimícticos (foto 2). Los clastos de cuarcitas, pizarras silicificadas, calizas, areniscas y en menor proporción de intrusivos son de formas subredondeadas a redondeadas, en matriz areno-limosa, con tamaños que llegan hasta los 20 cm. El grado de consolidación de esta unidad es semiconsolidada, son rocas de mala calidad, muy susceptibles a la generación de fenómenos de movimiento en masa, como derrumbes y flujos de detritos.

Los conglomerados de las Formación La Merced yacen discordantemente sobre el Grupo Ambo y la Formación Cabanillas.

### 5.4 DEPÓSITOS ALUVIALES (Qh-al)

Estos materiales se encuentran distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos Apurímac y Shankirwato.

En el valle del río Shankirwato (sector implicado), la unidad está conformada por grava, con algunos bolones, en matriz areno-limosa. Los fragmentos de roca son de formas redondeadas a subredondeadas (foto 1) que provienen de la erosión de las formaciones geológicas ubicadas en su cuenca, siendo la Formación La Merced la que aporta mayor material, por ser una unidad inconsolidada.



*Foto 1.- Cauce del río Shankirwato. Las viviendas han “encajonado” el cauce, convirtiéndola en zona de alto riesgo.*

## **6. PELIGROS GEOLÓGICOS**

Para la descripción de los peligros geológicos se ha considerado como base la clasificación de Varnes (1978, 1996) y la terminología sobre Movimientos en Masa en la región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007).

Los movimientos en masa reconocidos en las zonas inspeccionadas corresponden a deslizamientos y derrumbes, evidenciado por sus depósitos, escarpas y configuración topográfica. Es importante destacar la presencia de zonas de erosión de laderas.

Los movimientos en masa cartografiados, tienen como causas: el tipo de material involucrado (depósitos coluviales – de pie de monte y cuerpos de antiguos deslizamientos – sueltos, así como rocas muy fracturadas con estratos a favor de la pendiente); fuerte pendiente de las laderas, cobertura vegetal (deforestación), combinado con la ocupación inadecuada de los terrenos. Siendo el principal “detonante” de estos eventos las intensas precipitaciones pluviales.

### **6.1 DESLIZAMIENTO**

Son movimientos, ladera abajo, de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos, según la forma de la superficie de la escarpa por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la figura 6 se representa las partes principales de un deslizamiento.

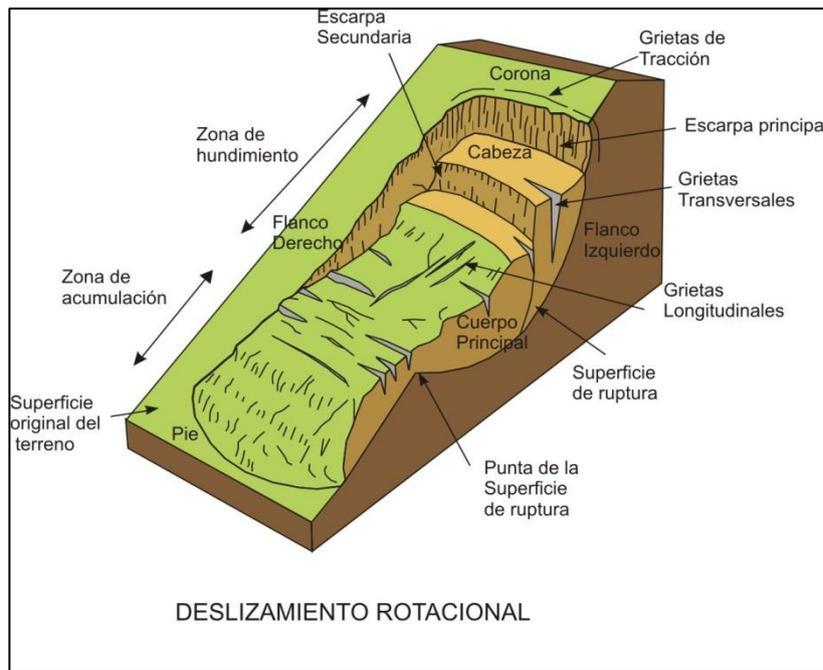


Figura 6. Esquema de un deslizamiento

A continuación se presenta una breve descripción de los movimientos en masa identificados en los diferentes sectores inspeccionados: sectores Ahuaruchayoc y Arroyo Negro

628000

629000

630000



ÁREA DE EMBALSE  
O REPRESAMIENTO

rio Shanquirwato

**LEYENDA**

- derrumbe
- grieta
- deslizamiento activo
- deslizamiento antiguo
- deslizamiento ocurrido el 13 de marzo del año 2015

DESGLIZAMIENTOS DE  
ARROYO NEGRO

Centro Poblado  
Arroyo Negro

Sector  
Arroyo Negro

A)

B)

ZONA DE ACUMULACIÓN DEL  
MATERIAL DESLIZADO QUE SE  
COMPORTA COMO UN FLUJO

Centro Poblado  
Ahuaruchayocc

Sector  
Ahuaruchayocc

**Símbolo**

- Poblado
- viviendas
- curvas de nivel
- vía asfaltada
- vía sin afirmar
- quebrada
- rio
- puquial

ZONA DE ARRANQUE  
DEL DESLIZAMIENTO

INTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO  
PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES  
AHUARUCHAYOCC Y ARROYO NEGRO  
DISTRITO AYNA - PROVINCIA LA MAR - REGIÓN AYACUCHO

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS**

Figura 7

0 0.075 0.15 0.3 0.45 0.6 Km  
Escala 1:50 000  
PROYECCIÓN UTM; DATUM WGS 84, Zona 18 Sur

Sector  
Villa Rica

628000

629000

630000

8601000

8600000

8599000

8601000

8600000

8599000

## 6.2 DESLIZAMIENTO SECTOR AHUARUCHAYOCC

El deslizamiento se localiza en las coordenadas 628841 E y 8599811 N, distrito Ayna San Francisco en el CCPP Ahuaruchayocc, en la margen derecha del río Shanquirwato, fenómeno que afectó 14 viviendas ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento, terrenos de cultivo, red de agua potable y tramo de carretera que une los centros poblados. (ver figura 7)

### **Antecedentes del evento:**

El deslizamiento del sector Ahuaruchayocc ocurrió a las 8:30 de la mañana del día 13 de marzo del presente año. Según testimonio de los pobladores sintieron un suave movimiento que inicia al pie de la ladera, lo que se consideró como el inicio del deslizamiento, ante esta advertencia los pobladores se fueron comunicando y evacuaron la zona amenazada.

### **Descripción del deslizamiento:**

En forma general se describe al deslizamiento rotacional retrogresivo como un movimiento de masa lento.

El deslizamiento presenta un arranque irregular discontinuo, con una superficie de falla.

Substrato de mala calidad (meteorizado), naturaleza de suelo incompetente, pendiente moderado a fuerte y la saturación del terreno.

El material desplazado tiene forma ondulada por el basculamiento del terreno y llegaron a formar puquiales en el cuerpo del deslizamiento. (ver fotos 4 y 8)

Presenta las siguientes dimensiones:

- Ancho de escarpa principal: 650 m. Cubierta parcialmente por vegetación. (foto 2)
- Salto de la escarpa principal: 5 m. (foto 3)
- Angulo de inclinación de la superficie de falla: 25° (foto 5)
- Diferencia de altura de la corona al pie del deslizamiento: 530 m
- Longitud horizontal corona a punta: 2720 m
- Dirección del movimiento: norte 2°
- Área del deslizamiento: 849 887 m<sup>2</sup>
- Volumen de material: Se estima que se está desplazando 4 249 435 m<sup>3</sup>
- Avance: Retrogresivo.

El desplazamiento del deslizamiento ha represado parcialmente el río Shanquirwato generando un embalse de 150 m de longitud y un volumen de agua represada de 10 942 m<sup>3</sup> aproximado. Con la presencia de lluvias incrementaría el nivel del embalse y posterior desborde que generaría un flujo afectando la parte baja del río donde se encuentra asentado el poblado de Ayna San Francisco (ver foto 10)

### **Factores condicionantes y detonantes:**

Usualmente, los movimientos en masa son detonados por el clima (fuertes lluvias), movimientos sísmicos o por causas antrópicas (malas técnicas en riego, cortes inadecuados, deforestación, etc.). Las condiciones naturales del terreno (suelo o roca), expresadas en su grado de fracturamiento, alteración o meteorización y pendiente de las laderas, se ven afectadas por lluvias cortas e intensas, o prolongadas, por la vibración sísmica originada por sismos (locales o por subducción), o la modificación del talud para efectuar un corte para un canal o carretera (Zavala, 2011).

Para el caso del deslizamiento del sector Ahuaruchayoc fue condicionado por:

- Pendiente general de la ladera del cerro que alcanza en algunos casos más de 25°.
- El substrato rocoso, está conformado por la alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas. En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas característicamente laminares de color negro beige con presencia de micas, con poca resistencia al esfuerzo cortante.
- Se identificó puquial (foto 7), filtraciones de agua, que demuestran la saturación del terreno.
- Deforestación de la zona, que permite la infiltración de agua al subsuelo
- Al no contar con un sistema de drenaje y un sistema de riego tecnificado, se contribuye a que las aguas se infiltren y saturen el sub suelo

En esta oportunidad, el “detonante” del fenómeno se atribuye a las fuertes precipitaciones pluviales que se produjeron sobre el área, desde diciembre del año pasado, incrementando su intensidad en los meses de enero a febrero y prolongándose hasta el mes de marzo.

### **Daños causados:**

Este deslizamiento rotacional retrogresivo, ha afectado:

- 14 viviendas de madera, dispersas en el cuerpo de deslizamiento, las cuales colapsaron por completo.
- 250 Ha de terrenos de cultivo.
- 1 200 m de carretera afirmada que une el poblado de la Mercedes Pampa con los poblados de Ahuaruchayoc, Arroyo Negro y Villa Rica (foto 11)
- 1 500 m de tubería de agua potable dejándola inservible.



**Foto 2** Vista tomada con dirección SE, donde se observa el flanco derecho y parte de la escarpa principal del deslizamiento en el sector de Ahuaruchayocc.



**Foto 3** Vista tomada con dirección SE, donde se observa el escarpe principal con salto vertical aproximado de 5 m.



**Foto 4** Vista tomada con dirección SE donde se observa escarpa principal también se observa escarpes intermedios.



**Foto 5.** Vista tomada con dirección NE, donde se puede observar el pie y parte del cuerpo del deslizamiento.



**Foto 6** Vista tomada con dirección NE, donde se observa el pie del deslizamiento



**Foto 7.** Vistas tomadas con dirección SE, donde la foto (A) se observa residuos de un puquial que se encuentra en la parte superior del cuerpo del deslizamiento. foto (B) se observa deposito lacustrino producto del desembalse del puquial generado por el movimiento del terreno.



**Foto 8.** Vistas donde se observan cuatro puquiales formados por las filtraciones de las aguas, puquiales que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento.



**Foto 9.** Vista del material desplazado (depósito coluvial) donde también se observa bloques de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas con diámetros que alcanzan hasta los 6 m.



**Foto 10** Vista tomada con dirección NE, se observa el embalse del río Shankirwato, con una longitud de 150 m aproximado de embalse.



**Foto 11.** Vista tomada con dirección SO, donde se observa el levantamiento de la plataforma de carretera que es afectado por el movimiento del cuerpo deslizado (basculamiento).

### **6.3 DESLIZAMIENTO SECTOR ARROYO NEGRO**

Durante los trabajos de campo realizados en el sector de Arroyo Negro, se identificaron deslizamientos (antiguos y activos), derrumbes y también se tiene presencia de grietas en el terreno y parte de la plataforma de la carretera, los cuales se describen a continuación.

#### **6.3.1 DESLIZAMIENTOS ANTIGUOS**

En base a la interpretación de la imagen satelital del Google Earth, se ha diferenciado deslizamientos antiguos, probablemente ocurridos en el Pleistoceno a Cuaternario reciente, donde actualmente se encuentra parte de la localidad de Arroyo Negro.

Estos deslizamientos de gran magnitud se originaron en la margen izquierda del río Shankirwato, en las inmediaciones del sector Arroyo Negro. Se puede apreciar que el cauce del río migra a la margen derecha producto del represamiento parcial que originaron los cuerpos deslizados (figura 7).

Una de las causas es el tipo de roca presente, de fácil erosión y muy susceptible a la generación de movimientos en masa. Influye también la pendiente del terreno.

El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales periódicas y excepcionales.

### **6.3.2 DESLIZAMIENTOS RECIENTES**

#### **Antecedentes de los eventos:**

Según testimonio de los pobladores la presencia de grietas y el movimiento en dos sectores fue lo que alertó a la población, comunicando a sus autoridades; esto afectó tramos de plataforma de carretera, terrenos de cultivo y de continuar el movimiento afectaría dos viviendas del poblado Arroyo Negro.

- a) **EL DESLIZAMIENTO (A)** se localiza en las coordenadas 628273 E y 8600526 N, en el distrito Ayna San Francisco del CCPP Arroyo Negro, en la margen izquierda del río Shanquirwato, fenómeno que afectaría viviendas ubicadas próximas a la zona amenazada por el deslizamiento, terrenos de cultivo y tramo de carretera que une con el poblado de Ahuaruchayocc.

#### **Descripción del deslizamiento:**

En forma general se describe la reactivación del deslizamiento rotacional con grietas de tracción de movimiento de masa lento (figura 6)

El deslizamiento presenta un arranque irregular continuo, con una superficie de falla (ver foto 12) .

El substrato rocoso de mala calidad muy meteorizado, la naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo (susceptible), pendiente fuerte y la saturación del terreno, favorecieron el movimiento de terreno.

Se tomaron las siguientes dimensiones en el deslizamiento reactivado:

- Ancho de escarpa: 130 m. Cubierta parcialmente por vegetación.
- Salto principal: 1.5 m.
- Angulo de inclinación de la superficie de falla: 30°
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 150 m
- Longitud horizontal corona a punta: 270 m

- Dirección del movimiento: norte 80°
- Área del deslizamiento: 22 379 m<sup>2</sup>
- Volumen de material: Se estima que se está desplazando 33 568 m<sup>3</sup>
- Grietas de tracción de 50 m de longitud aproximado con salto 0.4 m. (foto 13)



**Foto 12.** Vista tomada con dirección NO, donde se puede observar la escarpa principal de la reactivación del deslizamiento rotacional en el sector de Arroyo Negro de continuar con el movimiento afectaría 02 viviendas que se encuentran próximas a la escarpa



**Foto 13.** Vista tomada con dirección SO, donde se observa grietas de tracción con salto de 0.2m abertura de 0.1m

#### **Factores condicionantes y detonantes:**

Para el caso del deslizamiento del sector Arroyo Negro, éste fue condicionado por:

- Pendiente general de la ladera del cerro que alcanza en algunos casos más de 25°; dentro del deslizamiento antiguo se asienta el poblado de Arroyo Negro.
- El substrato rocoso, está conformado por la alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas. En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas característicamente laminares de color negro beige con presencia de micas, con poca resistencia al esfuerzo cortante.

En esta oportunidad, el “detonante” del fenómeno se atribuye a las fuertes precipitaciones pluviales que se produjeron sobre el área, desde diciembre del año pasado, incrementando su intensidad en los meses de enero a febrero y prolongándose hasta el mes de marzo.

**Daños causados o probables:** Este deslizamiento rotacional, ha afectado o puede afectar:

- 02 viviendas de madera, que podría verse afectadas se encuentran próximas a la corona del deslizamiento.

- 2 hectáreas de terrenos de cultivo.
  - Red de agua potable afecta de tubería dejando inservible
- b) **EL DESLIZAMIENTO (B)** se localiza en las coordenadas 628216 E y 8600305 N, en el distrito Ayna San Francisco del CCPP Arroyo Negro, en la margen izquierda del río Shanquirwato, fenómeno que afectaría terrenos de cultivo y tramo de carretera que une con el poblado de Ahuaruchayocc.

**Descripción del deslizamiento:**

En forma general se describe el deslizamiento rotacional con grietas de tracción de movimiento de masa lento.

El deslizamiento presenta un arranque irregular continuo, con una superficie de falla.

Presenta un suelo incompetente, un sustrato de mala calidad muy meteorizado, de fuerte pendiente en la ladera y la saturación del terreno, que favorecieron al movimiento.

Se tomaron las siguientes dimensiones en el deslizamiento rotacional:

- Ancho de escarpa: 70 m.
- Salto de la escarpa principal: 2 m. (foto 13)
- Angulo de inclinación de la superficie de falla: 30°
- Diferencia de altura de la corona a la punta del deslizamiento: 75 m
- Longitud horizontal corona a punta: 190 m
- Dirección del movimiento: norte 100°
- Área del deslizamiento: 15 599 m<sup>2</sup>
- Volumen de material: Se estima que se está desplazando 23 398 m<sup>3</sup>

**Factores condicionantes y detonantes:**

Para el caso de este deslizamiento rotacional en el sector Arroyo Negro se puede mencionar que fue condicionado por:

- Pendiente general de la ladera del cerro, alcanza en algunos casos más de 25°. El material deslizado era utilizado como terrenos de cultivo.
- El sustrato rocoso, está conformado por la alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas. En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas característicamente laminares de color negro beige con presencia de micas, con poca resistencia al

esfuerzo cortante. Material susceptible a movimientos en masa

En esta oportunidad, el “detonante” del fenómeno se atribuye a las fuertes precipitaciones pluviales que se produjeron sobre el área, desde diciembre del año pasado, incrementando su intensidad en los meses de enero a febrero y prolongándose hasta el mes de marzo.

**Daños causados:** Este deslizamiento rotacional, ha afectado:

- Tramo de carretera que une los poblados de Ahuaruchayoc – Arroyo Negro.
- 1.5 ha de terrenos de cultivo.



Foto 14. Vista tomada con dirección SO, se observa la escarpa principal del deslizamiento (B), en el sector Arroyo Negro, longitud de escarpa principal 70 m. y salto vertical es 2 m aproximadamente



Foto 15. Vista tomada con dirección SO, se observa parte del cuerpo de deslizamiento rotacional en el sector Arroyo Negro,

## 7. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para el deslizamiento del sector Ahuaruchayoc es necesario:

- Reubicar las viviendas ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento.
- Hacer canales de coronación, para impedir la filtración de aguas pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento.
- Sellar las grietas del cuerpo del deslizamiento con arcilla.
- Canalizar los puquiales, mediante tuberías de PBC, hacia el cauce del río Shankirwato.
- Monitoreo topográfico, para determinar el movimiento del terreno.

Para el área afectada por derrumbe, es necesario:

- Reforestar el área, con plantas nativas.
- Monitorear las grietas ubicadas en la escarpa.

De manera general la municipalidad de Ayna San Francisco, debe tener un programa de reforestación, con la finalidad de detener la aceleración de los procesos de movimientos en masa.

El río Shankirwato, por ser de régimen estacional, donde es posible el acarreo de material detrítico generado por movimientos en masa de ambas márgenes, se debe propiciar: la fijación de los sedimentos en tránsito y minimizar el transporte fluvial. Para ello es preciso aplicar, en los casos que sean posibles, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzamiento del canal principal, con remoción selectiva de materiales gruesos, que serán utilizados en los enrocados, espigones y/o gaviones para controlar las corrientes o avenidas estacionales.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de su cauce y en las zonas circundantes a ella, asegurando su estabilización, así como la disipación en la energía de las corrientes fluviales.
- La vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, arboles) que se desarrollan en estas áreas, están contribuyendo a atenuar el proceso de generación de flujos. Por estas razones, es recomendable regenerar y no destruir la cobertura vegetal natural. En lo posible reforestar las laderas de la quebrada.
- Es necesario descolmatar los cauces de las quebradas afluentes, y del río Shankirwato, para aliviar la carga sólida del río en tiempos de crecida. Con esto se lograría atenuar que el río genere flujos de detritos y erosione sus márgenes.

## CONCLUSIONES

1. Los sectores de Ahuaruchayocc y Arroyo Negro presentan material de remoción antiguo, substrato rocoso de mala calidad muy susceptible a la generación de movimientos en masa (Gpo. Cabanillas), con buzamiento a favor de la pendiente. Además una cobertura de depósitos superficiales coluvio – proluviales, producto de eventos anteriores, constituida principalmente por arcillas, arenas con gravas, la cual es el material mueble susceptible a deslizarse.
2. El sector Ahuaruchayocc presentó precipitaciones pluviales intensas durante los meses de verano, que saturaron los terrenos, provocando la desestabilización de las laderas; así como también formando escorrentía superficial que erosiona las laderas. Los afloramientos de aguas subterráneas en forma de puquiales dentro del cuerpo de deslizamiento corroboran la saturación y el paso lento del agua que se infiltra.
3. Debido al grado de peligrosidad que presenta el sector de Ahuaruchayocc, no puede ser considerado como lugar para poder ser habitado.
4. Al momento de realizar la inspección en el sector Arroyo Negro se observó la presencia de agrietamientos en distintos tramos de la carretera que comunica los poblados de Ahuaruchayocc – Arroyo Negro.
5. La deforestación, es un factor importante que ha influenciado en la aceleración de los peligros geológicos de movimientos en masa.
6. Los sectores de Ahuaruchayocc y Arroyo Negro, por estar amenazados frecuentemente por procesos de movimientos en masa activos y reactivados (deslizamientos y derrumbes), se concluye que presentan una condición de Alto Peligro; las viviendas que se encuentran asentadas en el cuerpo del deslizamiento o próximas a la escarpa principal del deslizamiento, se consideran que están en Alto Peligro por tanto en **PELIGRO INMINENTE**.
7. El factor desencadenante para los peligros mencionados, están relacionadas a las intensas precipitaciones pluviales estacionales que ocurren entre los meses de diciembre a abril.

## RECOMENDACIONES

1. Hacer canales de coronación, para impedir la filtración de aguas pluviales hacia el cuerpo del deslizamiento del sector Ahuaruchayocc.
2. Hacer limpieza inmediata, el cauce del río Shankirwato represado por el deslizamiento ocurrido en el sector Ahuaruchayocc.
3. Reforestar con plantas nativas las laderas, a fin de evitar la formación de nuevos movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes) o aceleración de ellos.
4. Las dos viviendas del sector Arroyo Negro que se encuentran próximas a la zona de amenaza debe ser reubicadas
5. Después de cada periodo lluvioso, se debe descolmatar y encausar el río Shankirwato y sus quebradas afluentes, a fin de aminorar y aliviar la carga de sedimentos, en la siguiente avenida anual estacional.
6. En las quebradas o cauces donde se generen flujos de detritos (huaicos), se deben construir muros transversales, con la finalidad de atenuar la velocidad y retener material en futuros flujos que se presenten.
7. En los anexos se muestran algunos gráficos de medidas correctivas adicionales que se pueden tomar frente a deslizamientos y flujos de detritos.

## **BIBLIOGRAFIA:**

PMA: GCA. 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 N° 4, 432 p., Canadá.

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.

Monge R., Valencia M. y Sánchez J. (1998). Geología de los Cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco. INGEMMET, Serie A: Carta Geológica, Boletín N°120, 254 pág.

Dirección de Geología Ambiental. (2003). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N°3. INGEMMET, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, Boletín N°28, 373 pág.

Segundo Núñez Juárez (2012) Peligros Geológicos en el Sector de Ayna San Francisco. Región Ayacucho - provincia La Mar - distrito Ayna San Francisco. INGEMMET, Informe Técnico N° A6596, 36 pág.

# **ANEXOS**

ESQUEMAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS RECOMENDADAS

## PARA DESLIZAMIENTOS

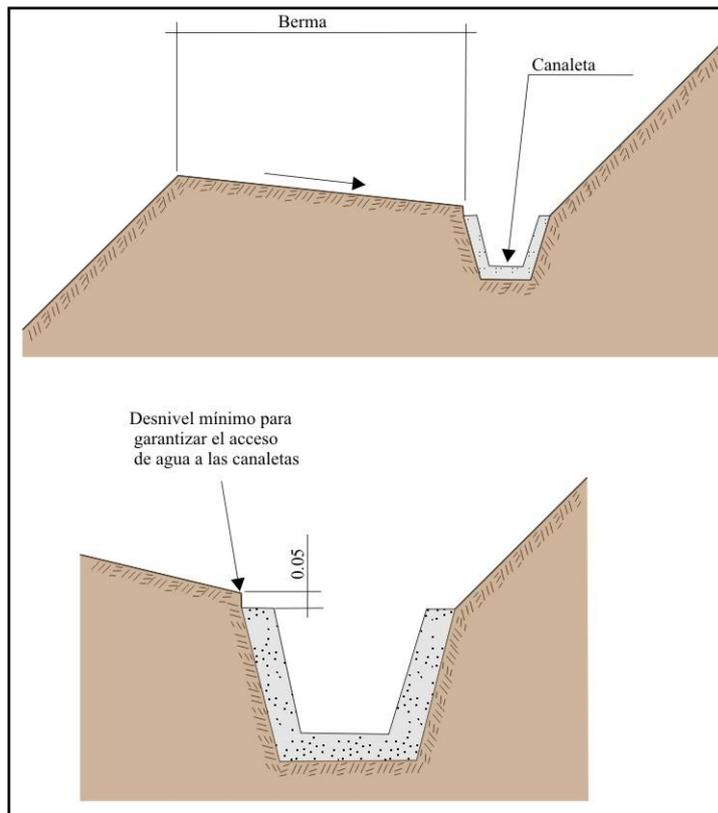
### **CORRECCIÓN POR DRENAJE**

Este tipo de corrección se efectúa 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 8).

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.

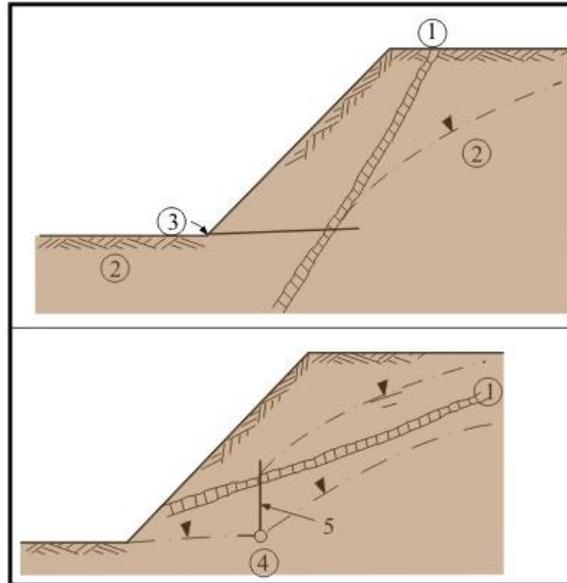


*Figura 8: Detalle de una canaleta de drenaje superficial*

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:

b.1) 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 9 y 10).



1. Material muy poco permeable
2. Material muy permeable
3. Drenaje horizontal
4. Galería de drenaje
5. Drenaje vertical

Figura 9: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.

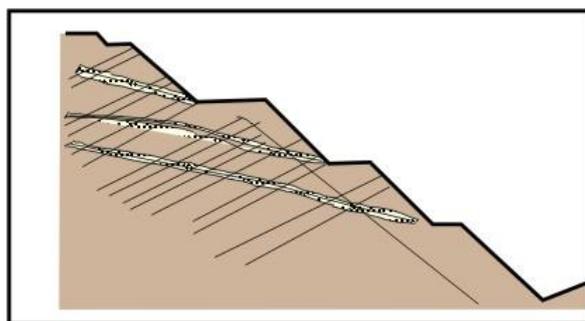


Figura 10: Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos.

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.

## **PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS**

El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

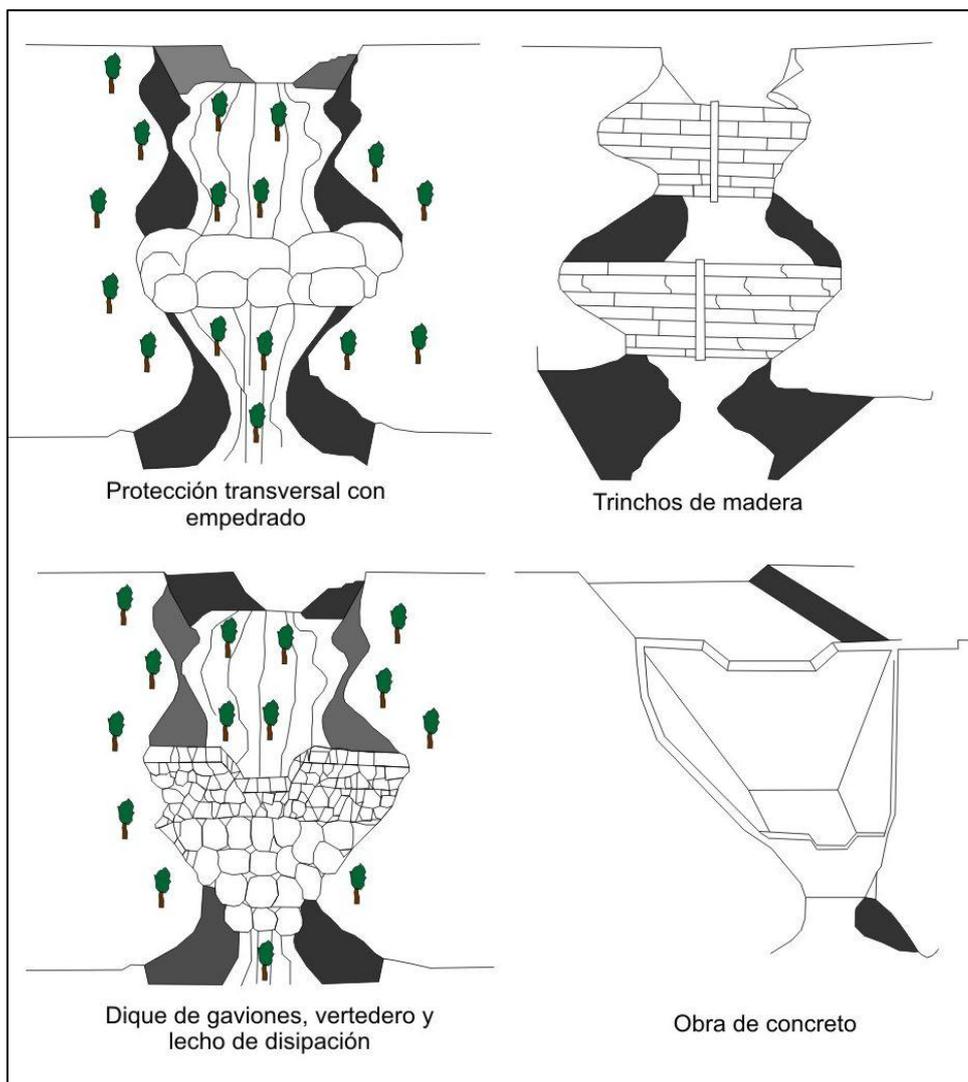
- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
- 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.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el 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.
- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser contruidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- 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 a curvas de nivel 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.

### **PARA LOS FLUJOS DE DETRITOS (HUAICOS)**

Construir diques transversales a lo largo de: río Sankirwato, las quebradas afluentes al río y quebradas que discurren del cerro hacia la zona urbana; con la finalidad de atenuar la carga del flujo de detritos y de su velocidad. Figuras 11, 12, 13 y 14.



*Figura 11 Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desaguaderos naturales*

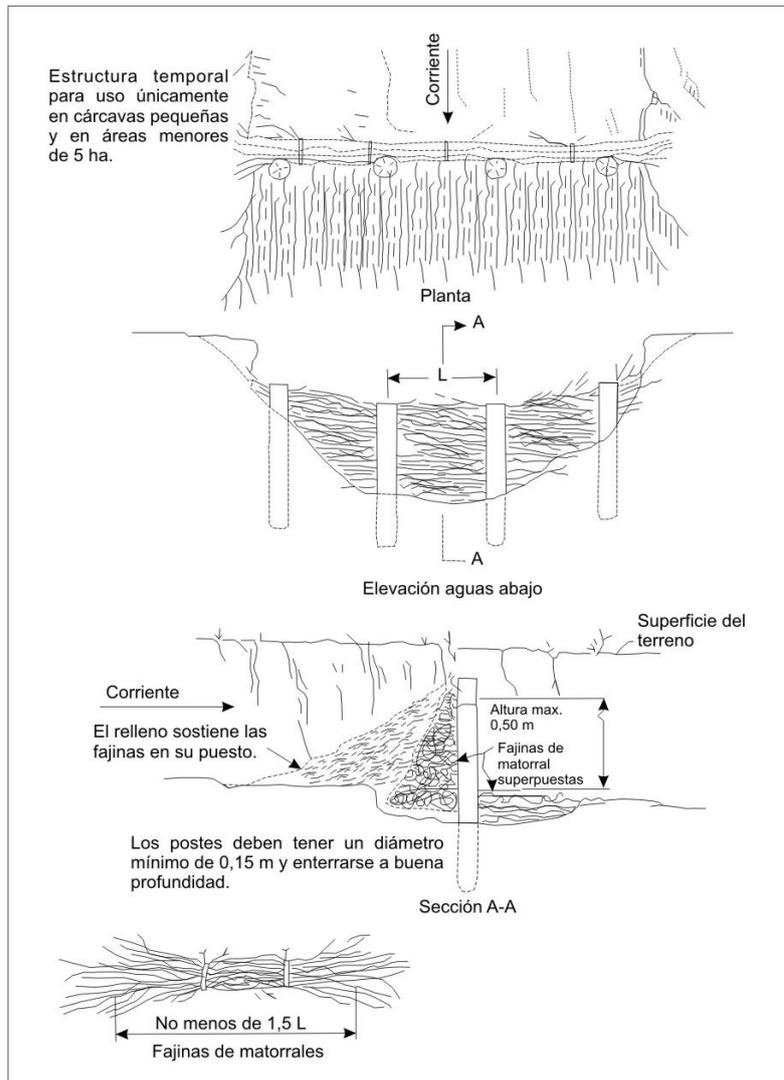


Figura 12: Medidas correctivas para flujos de detritos.

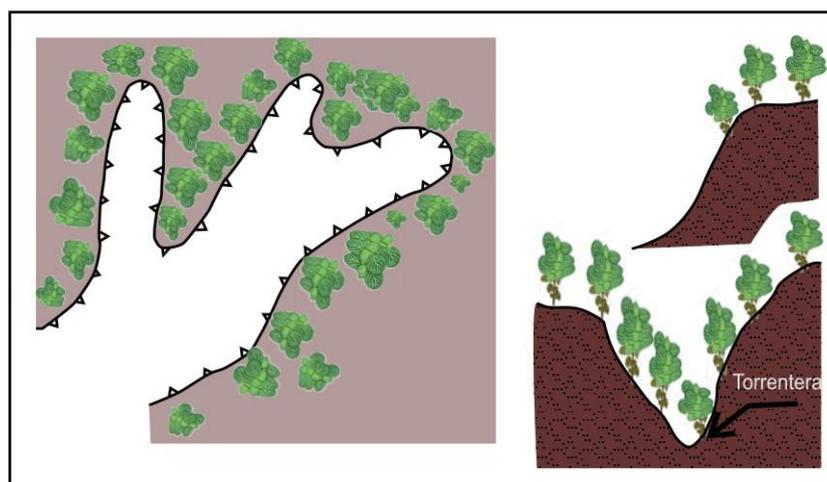


Figura 13: Vista en perfil y en planta de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes inestables.

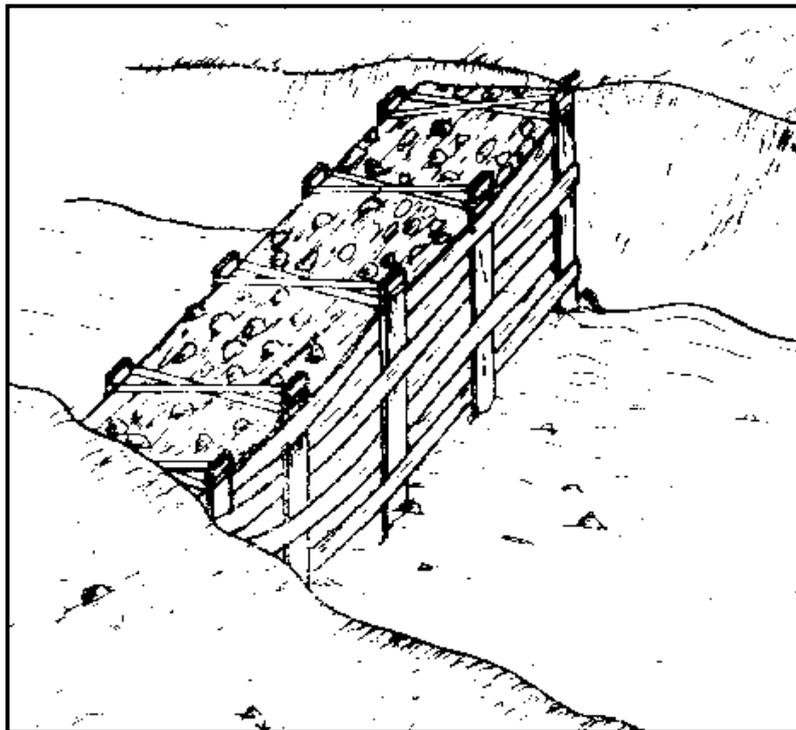
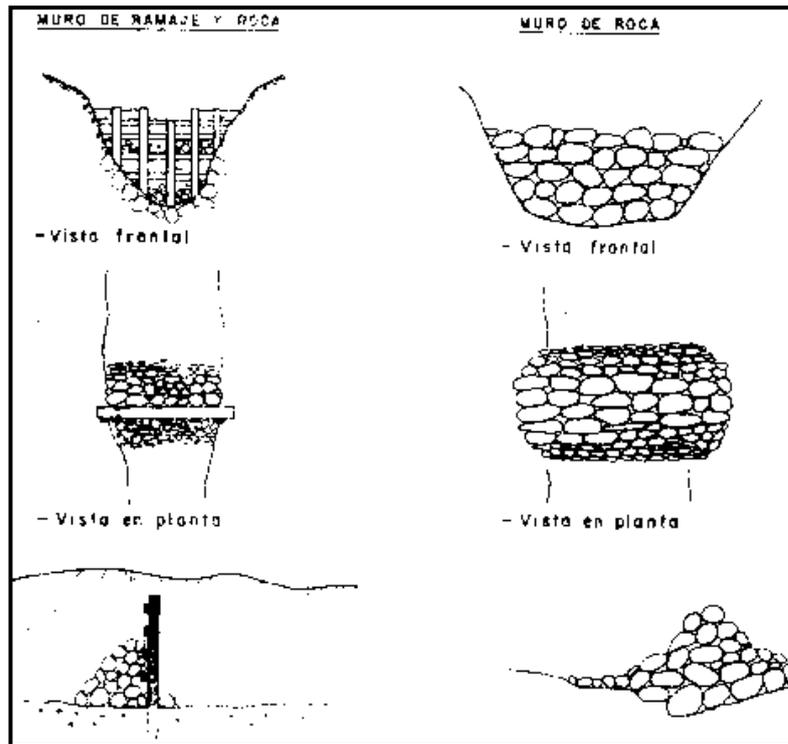


Figura 14: Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipiente.