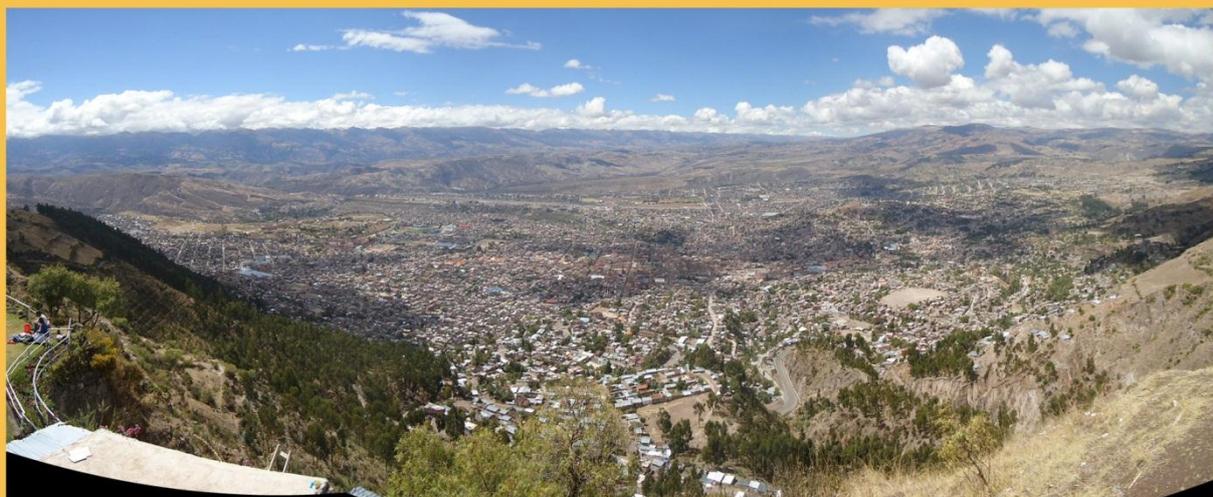


Informe Técnico N° A6719

EVALUACIÓN TÉCNICA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA CHAQUIHUAYCO Y EL CERRO LA PICOTA

Región Ayacucho
Provincia Huamanga
Distritos: Ayacucho, Jesús de Nazareno,
Andrés Avelino Cáceres, San Juan Bautista y Carmen Alto
Sectores Quebrada Chaquihuayco y Cerro La Picota



POR:

CARLOS LUZA HUILCA
NORMA SOSA SENTICALA

JULIO 2016

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Trabajos anteriores.....	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Aspectos generales	2
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	6
2.1 Geología.....	6
2.2 Geomorfología.....	9
3. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	10
3.1 Flujos de detritos	11
3.2 Erosión de laderas.....	19
3.3 Derrumbe	26
4. MEDIDAS PREVENTIVAS.....	28
4.1 Medidas preventivas realizadas	28
4.2 Medidas correctivas estructurales propuestas	30
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

EVALUACIÓN TÉCNICA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA QUEBRADA CHAQUIHUAYCO Y EL CERRO LA PICOTA

Provincia Huamanga, región Ayacucho

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Ayacucho ha crecido económica y socialmente en los últimos años; pero al igual que muchas de las zonas urbanas en desarrollo, la falta de una adecuada planificación para un crecimiento urbano ordenado, ha permitido la ocupación de sectores susceptibles a movimientos en masa, como son las quebradas y cerros con suelos sueltos y pendientes fuertes fácilmente erosionables o que podrían desestabilizarse por diversos *factores geológicos, generando desastres.

1.1 Antecedentes

La Presidencia del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET recibió el pedido de las autoridades de regionales de Ayacucho y distrital San Juan Bautista, mediante oficios N° 412-2015-GRA/GR y N° 299-2015-MDSJB-HGA-AYAC/ALC respectivamente; solicitando realizar estudios técnicos científicos en el cerro La Picota y en la quebrada Chaquihuayco localizados en la provincia Huamanga, región Ayacucho.

Atendiendo a dichas solicitudes la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) de INGEMMET comisionó a los geólogos Carlos Luza Huillca y Norma L. Sosa Senticala para realizar dicha evaluación geológica; los trabajos de campo se llevaron a cabo los días 11 al 14 agosto del 2015.

La visita fue coordinada con las autoridades regionales, distritales y de Defensa Civil de las localidades de los distritos San Juan Bautista, Carmen Alto, Mariscal Cáceres, Ayacucho y Jesús Nazareno.

Este informe se pone en consideración de la municipalidad provincial Huamanga de Ayacucho, el cual está basado en las observaciones de campo realizadas durante la inspección, interpretación de fotos aéreas satelitales disponibles, relatos orales por parte de la población en la zona visitada, así como de la información de trabajos anteriores.

1.2 Trabajos anteriores

Existen trabajos anteriores realizados en la provincia de Huamanga, relacionados a temas de geología de los cuales destacan las publicaciones hechas por INGEMMET.

- Boletín 61, Serie A: Carta Geológica Nacional, sobre la Geología del Cuadrángulo de Ayacucho (Morche *et al.*, 1995), donde se describen las unidades geológicas (rocas y depósitos superficiales) que afloran en la zona estudiada.
- Boletín 28, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, Estudio de Riesgo Geológico del Perú. Franja N° 3 (Guzman, *et al.*, 2003), donde se menciona que el sector La Picota es una zona afectada por flujos de detritos.

- Vilchez y Ochoa (2014), en el informe de zonas críticas por peligro geológico de la región Ayacucho, mencionan que el sector del Cerro La Picota, es una zona crítica por peligro geológico, afectada por erosiones de ladera y flujos de detritos.
- Instituto Nacional De Defensa Civil - Indeci (2003). Mapa de Peligros de la ciudad de Ayacucho, mencionan que el área La Picota, es catalogada como de alto riesgo.

1.3 Objetivos

Evaluar los peligros geológicos que afectan los sectores de Chaquiwayco y La Picota, así como las causas de su ocurrencia.

Proponer medidas correctivas que sirvan para que las autoridades puedan actuar apropiadamente en la prevención y mitigación del desastre acontecido en el sector evaluado.

1.4 Aspectos generales

La zona de estudio se encuentra en la región Ayacucho, provincia Huamanga, entre las altitudes 2700 y 3800 msnm., enmarcada en las siguientes coordenadas UTM:

Tabla N°01
Vértices del Área de Estudio

Coordenadas UTM Datum WGS84-Zona 18s		Altitud (msnm)
Este	Norte	
581416	8548290	2700
586077	8537591	3800

Dicha área de estudio se encuentra en la jurisdicción de los distritos Ayacucho, Jesús de Nazareno, Andrés Avelino Cáceres, San Juan Bautista y Carmen Alto, que en conjunto según el XI censo de población y VI de vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2007) albergan una población de 170 871 habitantes.

Según el SENAMHI (2008), la provincia Huamanga registra un intervalo térmico de 8°C - 27°C, mostrando un clima templado y seco con lluvias moderadas las cuales se intensifican en los meses de diciembre a marzo.

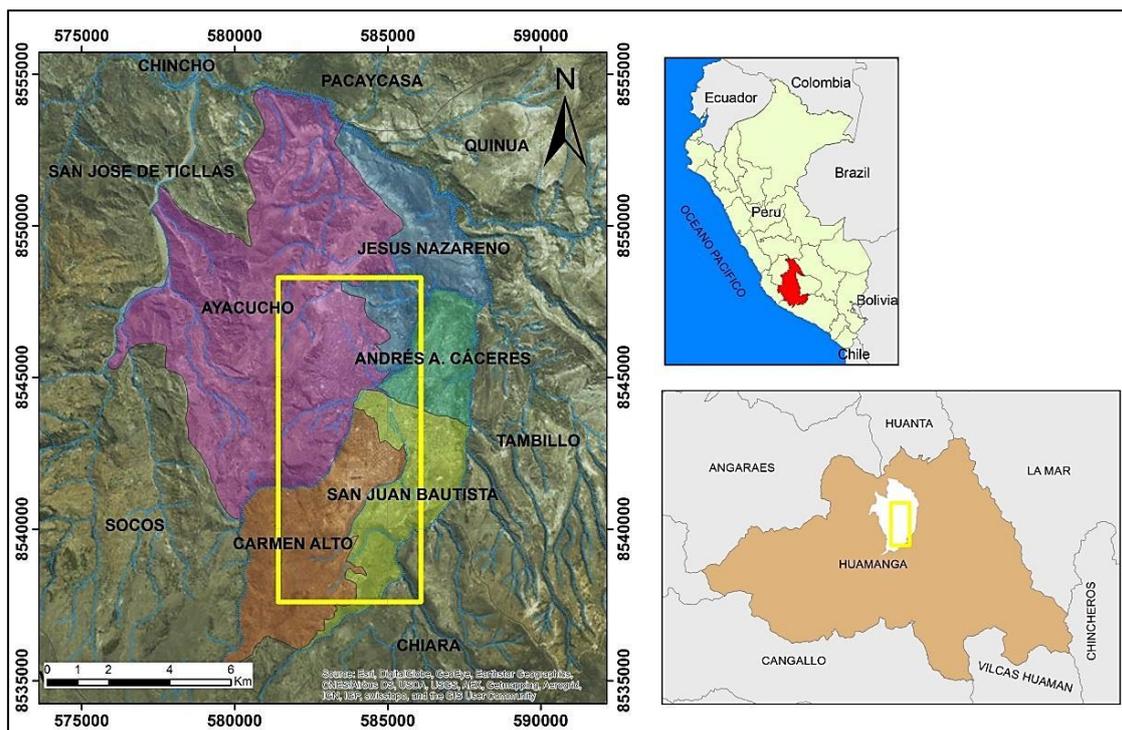


Figura 1. Ubicación del área evaluada.

A la ciudad de Ayacucho se accede desde Lima a través de la Panamericana Sur hasta llegar a San Clemente, Ica (230 Km.), siguiendo luego por la vía Los Libertadores con recorrido total de 561 Km; también se puede realizar por vía aérea (Lima-Huamanga), el vuelo tiene la duración de 55 minutos.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2011), la ciudad de Ayacucho se encuentra en una zona de sismicidad media con probabilidad de ocurrencia de sismos leves a moderados (VI a VII en la Escala de Mercalli Modificada) y aceleraciones máximas hasta de 0.35 m/s^2 .

a) *Quebrada Chaquihuayco*

La quebrada Chaquihuayco se encuentra al SE de la Plaza de Armas, centro de la ciudad Ayacucho; ésta, atraviesa los distritos Ayacucho, Jesús Nazareno, Andrés Avelino Cáceres, San Juan Bautista y Carmen Alto, recorriendo aproximadamente 7.35 km.

Esta quebrada en sus nacientes forma cañones con anchos de hasta 90 m, en algunos sectores mostrándose más angosto que en otros, alcanzando una longitud de aprox. 9 km.

La cabecera de la quebrada (582102E, 8538067N) está comprendida dentro del distrito Carmen Alto, donde presenta un suelo areno-limoso con fragmentos de roca angulosos de hasta 70 cm de diámetro, cubierta con vegetación. En esta zona el canal del proyecto Río Cachi¹, tiene un caudal de aproximadamente $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (foto 1), según la información brindada por el Ing. Carlos Quispe (de la Municipalidad de Huamanga),

¹El canal del Proyecto Río Cachi también abastece de agua potable a la ciudad de Huamanga.

presenta un desvío hacia la quebrada, para brindar agua a los agricultores ubicados aguas abajo.



Foto 1. Vista del canal del proyecto río Cachi, así como del desvío hacia la quebrada Chaquihuayco.

En ambos márgenes del cauce de la quebrada se observan desechos orgánicos e inorgánicos (foto 2), que obstruyen el cauce, estos son arrojados constantemente por los pobladores; así mismo el agua que discurre por este sector está siendo contaminada, hay que anotar que estas son usadas para el regadío de cultivos.



Foto 2. Se muestran los desechos orgánicos (botadero) vertidos en el cauce de la quebrada.

Estudios anteriores, Castro (2011), menciona que las áreas aledañas a la quebrada Chaquihuayco se pueden generar fenómenos de tipo geológico y climático, y las catalogan como áreas de peligro medio a alto. Cabe mencionar que el cauce de esta quebrada se ha visto reducido (foto 3), por la ocupación antrópica (construcción de viviendas).



Foto 3. Vista de conexiones de desagüe que vierten hacia la quebrada Chaquihuayco.

b) Cerro La Picota

El acceso al cerro La Picota se realiza mediante la vía Los Libertadores Km 325, en el sector denominado Huascahura, para luego dirigirse hacia el norte por una trocha carrozable llegando finalmente al cerro La Picota, que se encuentra a 1.8 km en línea recta desde la plaza de armas.

En el cerro La Picota se tienen quebradas con orientación NO-SE, que están sometidas a procesos de movimientos en masa; se pueden presentar huaycos o derrumbes, dependiendo de las precipitaciones pluviales que ocurran en la zona.

Sobre las faldas del cerro La Picota (foto 4), dentro de las márgenes y cauces de las quebradas, se han establecido asentamientos humanos sin control urbanístico. Estos han sido afectados años atrás, sin embargo permanecen hasta la actualidad, contribuyendo al incremento de la vulnerabilidad y la posibilidad de desastres futuros.

Castro (2011) menciona que las laderas medias a altas del cerro La Picota representan un peligro de origen geológico alto.



Foto 4. Vista del Cerro la Picota.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.1 Geología

Morche *et al.* (1995), describe en la zona de estudio afloramientos de rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de edad cenozoica; además depósitos cuaternarios sobre los cuales se ha desarrollado la ciudad de Ayacucho (figura 2). Diferencia las siguientes unidades geológicas:

Formación Chaupi orcco

Unidad conformada por una intercalación de andesitas afáníticas y porfídica y conglomerados volcánicos; esta se ubica al SO de distrito Carmen Alto.

Formación Molinoyoc

Se trata de una secuencia de lavas oscuras que provienen de los centros volcánicos adyacentes que corresponden al Volcánico Molinoyoc (definidas por Mégard *et al.*, 1984; las cuales describe como lavas andesíticas, basálticas de edad Mioceno superior). Se exponen a manera de derrames, sills o diques (Morche *et al.* 1997), expuestas en la quebrada Chaquihuayco y la ciudad de Ayacucho.

Formación Ayacucho

La unidad se ha observado a lo largo de la quebrada Chaquihuayco y el cerro La Picota, como lo tenemos en el sector Carmen Alto.

Esta formación litológicamente se constituye por una secuencia de ignimbritas (foto 5) y tobas rosadas (foto 6); sobre estas descansa en discordancia erosional una secuencia sedimentaria de rocas volcánicas re-trabajadas constituidas por areniscas y lodolitas de naturaleza tobácea, intercaladas con niveles de aglomerados y conglomerados (foto 7) con matriz limo-arcillosos grano decreciente poco consolidados. Se encuentran de forma masiva con grosor de más de 50 m. Su origen se vincula con diferentes fases volcánicas del tipo explosiva y efusiva (Morche *et al.* 1997).

En las paredes de la quebrada Chaquihuayco se observa estratos de roca volcánica ignimbrita y tobas con algunas secuencias de yeso de 0.5 a 1 m de potencia.



Foto 5. Vista de afloramientos de ignimbrita en el cerro La Picota, Formación Ayacucho.



Foto 6. Tobas masivas de la Formación Ayacucho, dentro de la quebrada Chaquihuayco



Foto 7. Afloramientos de conglomerados de la Formación Ayacucho.

Formación Huari

Según Morche (1995), en los alrededores de la ciudad de Ayacucho, específicamente en la cabecera de la quebrada Chaquihuayco se tienen derrames de lavas que

sobreyacen a diatomitas (Foto 8). Señala también varios ciclos de erupciones, como depósitos de cenizas y lapilli (foto 9), que se presentan con estratificación paralela o cruzada, alternando con depósitos de caída de cenizas e impactos balísticos de lapilli y bombas volcánicas.



Foto 8. Diatomitas (color blanquecino) cubiertas de vegetación.



Foto 9. Deposito Piroclástico

Depósitos recientes

a) Depósitos coluviales

Estos depósitos se forman por gravedad, se caracterizan porque el material detrítico se acumula en la parte baja de las laderas o cubriendo la superficie del terreno. En el cerro La Picota este tipo de depósitos son inconsolidados, compuestos por una mezcla de suelo areno-gravoso con clastos generalmente de naturaleza volcánica.

b) Depósitos Aluviales

Estos depósitos se encuentran a lo largo del cauce de la quebrada Chaquihuayco. Están conformados por gravas, arenas de naturaleza volcánica inmersos en una matriz areno – limosa con diámetros de hasta 30 cm. Además, se observó bloques de roca de 1-2 m de diámetro dentro del cauce, que obstruyen el paso de agua.

Según los pobladores de la zona; la quebrada Chaquihuayco presenta un caudal o circulación de agua de escorrentía permanente durante todo el año, aprovechado como recurso en los sembríos y otros usos.

2.2 Geomorfología

La zona de estudio se emplaza localmente sobre una meseta ignimbrítica disectada o superficie con flujo piroclástico disectado, de pendientes suaves (Vilchez y Ochoa 2016).

Se observa en líneas generales colinas volcánicas bajas con alturas menores a 300 m., desarrollándose entre las cotas 3200 a 2900 m. Presentan cimas alargadas con laderas de pendientes moderadas a fuertes; estas geformas son cortadas por quebradas presentando un drenaje subparalelo.

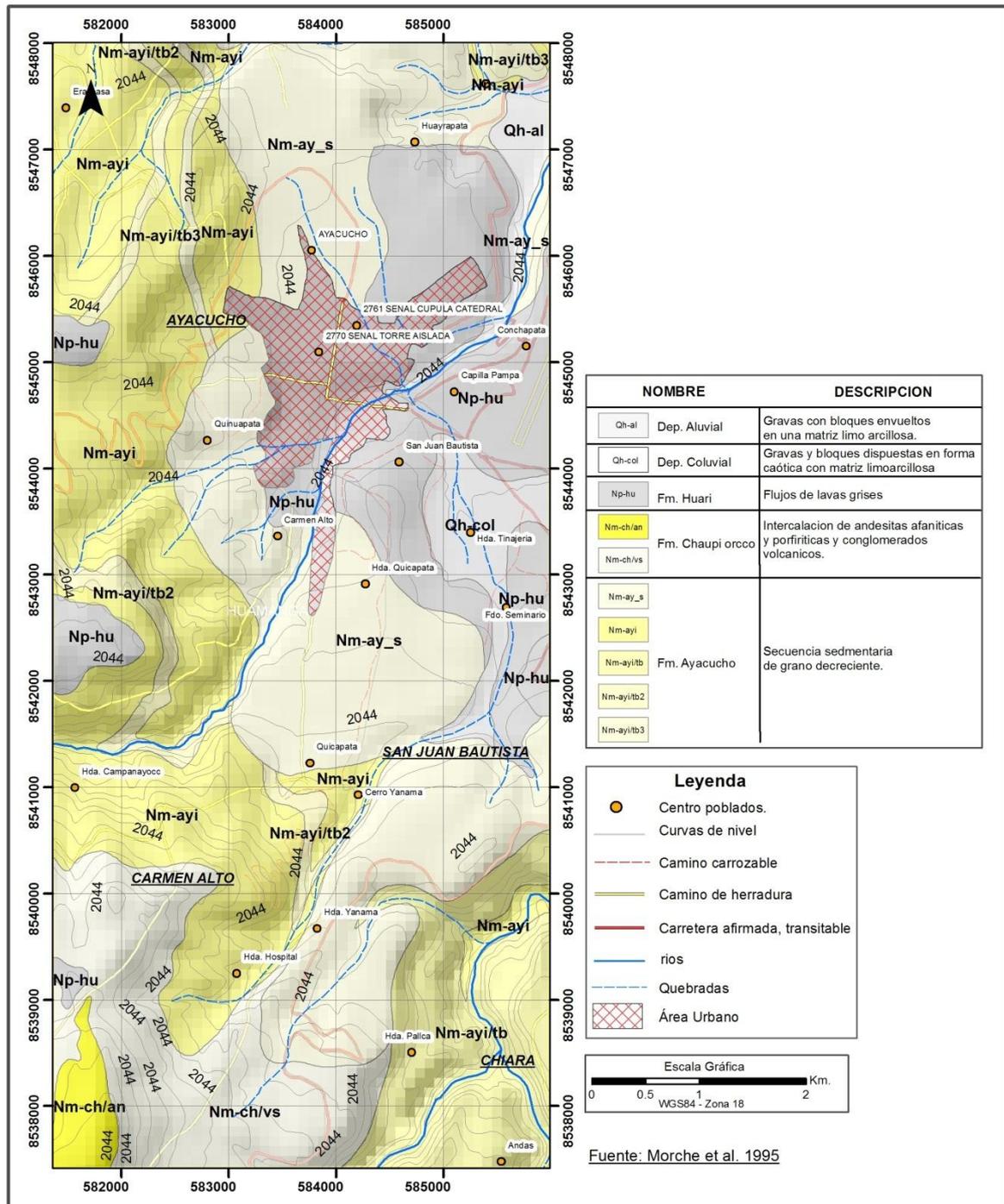


Figura 2. Unidades geológicas en la zona de estudio (Tomado de Morche *et al.* 1995).

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en el área de estudio, están asociados principalmente a movimientos en masa, erosiones de ladera.

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA: GCA, 2007).

3.1 Flujos de detritos

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 16) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

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 (Hungr, 2005).

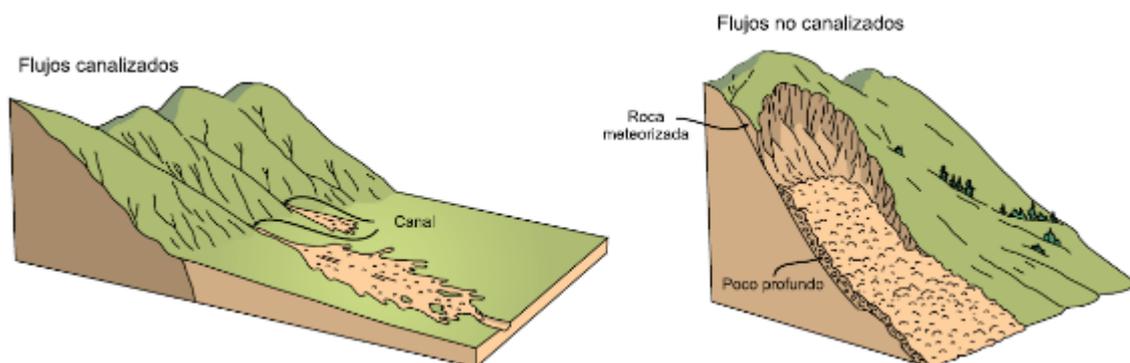


Figura 3. Esquema de flujos canalizados y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

Los flujos de detritos, comúnmente conocidos como “huaycos”, son muy comunes en nuestro país debido a la configuración del relieve en el territorio, constituido por altas montañas, vertientes pronunciadas de valles con rocas y suelos deleznable o susceptibles de remoción con aguas de lluvia (Zavala, 2015).

Generalmente las zonas afectadas son espacios delimitados por una microcuenca, subcuenca, quebrada o riachuelo, siendo los principales daños, los que se producen en el cono o abanico deyectivo, parte terminal del depósito de un cauce tributario a otro. Los daños que producen son considerables, por la gran energía y violenta aparición con que se presentan, destruyendo, arrasando o sepultando lo que encuentran en su paso, infraestructura urbana, vial, hidráulica y productiva agrícola (Zavala, 2015).

Quebrada ChaquiHuayco

Presenta factores condicionantes para la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos), como suelos poco compactos y deleznable, cauce de la quebrada reducido u obturado por el vertimiento de escombros y basura (foto 10). Sobre esta quebrada se

encuentra el puente Yanama² (foto 11), de ocurrir un represamiento, el desembalse generaría un flujo de detritos que afectaría a la población que se encuentra aguas abajo (foto 12).

A lo largo de toda la quebrada el panorama se repite con cúmulos de basura y escombros vertidos hacia la quebrada. A continuación se describen las condiciones que presentan algunos sectores que atraviesa la quebrada.



Foto 10. Vista aguas arriba del puente Yanama. La ocupación de las laderas de la quebrada por parte de la población con árboles y cultivos variados, así como el arrojado de desmonte, han ocasionado el estrechamiento de esta. En este sector el suelo está compuesto principalmente por arenas, gravas y limos poco consolidados con bloques de roca.



Foto 11. Vista aguas abajo del puente Yanama, mostrando un caudal de agua muy limitado.

² Sobre este puente pasan las aguas que provienen de la parte alta de la quebrada.



Foto 12. Vista de la quebrada Chaquiwayco, observándose cultivos sobre la base de la quebrada en varios sectores del distrito Carmen Alto. Además la presencia de viviendas dentro de la quebrada, reducen el ancho de las márgenes del afluente e incrementando el peligro para la generación de un flujo de detritos (huaycos).



Foto 13. Vista de muros de concreto de 1,5 m de alto protegiendo solo a la margen derecha de la quebrada con una longitud de 50 m; sus bases están expuestas en algunos tramos debido a la erosión.

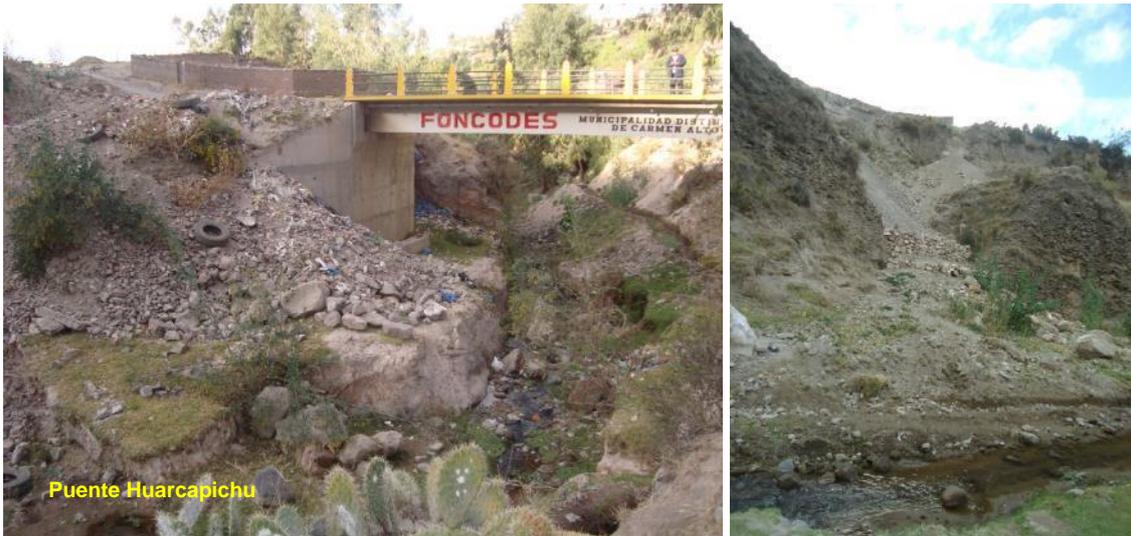


Foto 14. En las inmediaciones del puente Huarcapichu, se observan depósitos de escombros y basura vertidos en el cauce de la quebrada Chaquihuayco obstruyendo su cauce.

Sector Colegio Fé y Alegría: A la margen izquierda de la quebrada se ubica el colegio Fé y Alegría N°50³, en donde se observa acumulación de basura que contamina y obstruye el cauce (foto 15), en este sector se observa un puente peatonal de concreto, de 2 m de ancho, utilizado para el ingreso de los alumnos a dicho centro educativo.



Foto 15. Vista del ingreso al colegio Fe y Alegría, mostrando cúmulos de basura y desmorte hacia la quebrada.

En la foto 16 se observa, que en la margen derecha de la quebrada se ha construido un muro de concreto a con una longitud aproximada de 150 m, mientras la margen izquierda está ocupada por viviendas de material noble y adobe, por lo que el ancho de la quebrada se ve reducido. En otro sector se observó que sobre el cauce tienen un estancamiento de agua que dificulta el tránsito tanto peatonal como vehicular.

³ El Centro educativo alberga a alumnos de primaria y secundaria



Foto 16. Estrechamiento de la quebrada Chaquihuayco en el distrito San Juan Bautista (UTM: 585430 E 8542930 N).



Figura 4. Imagen satelital donde se aprecia el estrechamiento de la quebrada por la construcción de viviendas dentro del lecho de la misma. No presenta obra de drenaje adecuada (puente o badén) para el tránsito que podría originar se inunden las viviendas aledañas en épocas de crecidas.

Sector mercado Las Américas: Junto al mercado Las Américas se encuentra el puente del mismo nombre, con altura de 6 m; aguas arriba por la margen izquierda se observó viviendas, las cuales se han protegido con un muro de contención. Aguas abajo, en ambas márgenes de la quebrada, se tiene muros de concreto de 1 m de altura, en el extremo derecho del talud se observa basura y desmonte, estos depósitos han llegado a cubrir los muros de concreto (585029 E/ 8543915 N), ello ha delimitado el cauce de la quebrada (foto 17).



Foto 17. Quebrada Chaquiwayco, puente Las Américas, se observa muros de contención cubiertos por basura y escombros.

Sector puente Apurímac: En el cauce de la quebrada Chaquiwayco, sector puente Apurímac (fotos 18 y 19), se apreció el vertimiento de basura y desmonte, que lo obstaculiza; además no se tienen muros de contención como medio de protección para las viviendas ubicadas en las márgenes. Aguas abajo del puente se pierde el cauce por la construcción de un grifo (foto 17).



Foto 18. Se observa estrechamiento del cauce.



Foto 19. Construcción de grifo no permite la vista de la quebrada.



Figura 5. Imagen satelital que muestra el puente Apurímac que limita los distritos San Juan Bautista y Andrés Avelino Cáceres.

Sector del distrito Andrés Avelino Cáceres: En este distrito, en ambos márgenes de la quebrada se tienen viviendas de material noble, en algunos casos construcciones dentro del cauce (foto 20). Hay vertimiento de desagües hacia la quebrada (foto 21) así como basura y escombros, el material suelto acumulado en tiempos de lluvia es arrastrado aguas abajo, hasta llegar al río Alameda, donde se tiene un gran cúmulo de basura en el interior del río. Muchas de las viviendas en este sector presentan sus bases agrietadas (foto 21) con estructuras de hasta cuatro pisos.

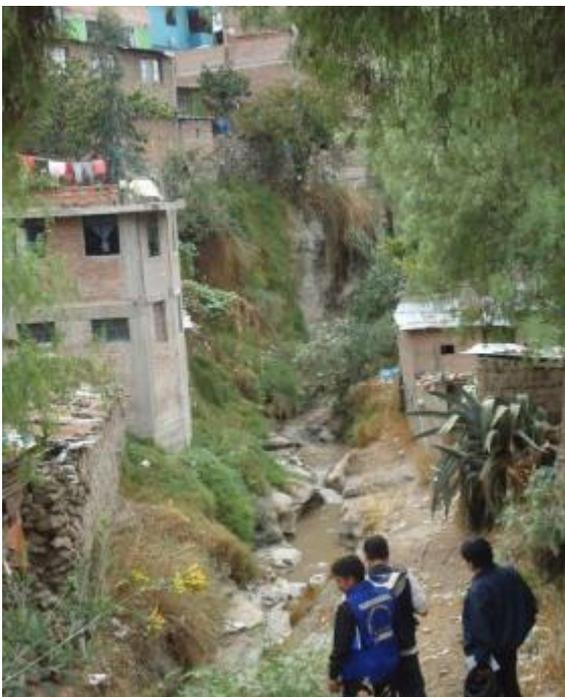


Foto 20. Vista aguas abajo del puente Apurímac, se observan viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada Chaquihuayco. No tienen medidas estructurales para proteger sus predios frente a futuras avenidas o movimientos en masa.



Foto 21. Vivienda con bases agrietadas, además presenta conexiones de desagüe hacia la quebrada.

Sector entre los puentes Ejército y Conchopata: La quebrada Chaquihuayco en el tramo comprendido entre los puentes Ejército y Conchopata, atraviesa parte del centro urbano de la ciudad de Huamanga, presenta un ancho promedio de 4 m, con un caudal aproximado de $1\text{m}^3/\text{min}$. A lo largo de todo este sector las viviendas se ubican muy próximas al cauce de la quebrada y en algunos casos tienen sus cimientos dentro del mismo, no se observó medidas correctivas a fin de atenuar futuras avenidas o movimientos en masa.

En la margen derecha de la quebrada, a la altura del puente San Sebastián, se observan muros de contención con alturas hasta de 8 m (foto 22).



Foto 22. Muro de contención del puente San Sebastián.

La quebrada llega a desembocar hacia el río Alameda, el cauce del río tiene un ancho de 10 m. En este sector se tienen viviendas, además se apreció un botadero de basura y desmote (foto 23) que incrementa el material suelto de fácil transporte.



Foto 23. Vista de la intersección del río Alameda Y la Qda. Chaquihuayco.

3.2 Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros (figura 5). La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Normalmente la arroyada posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión.

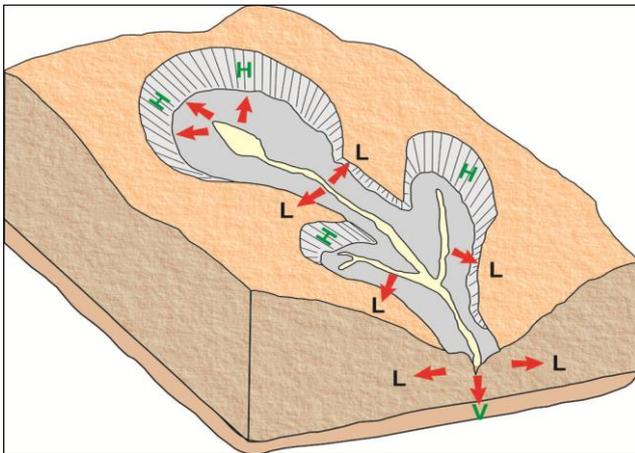


Figura 6. Forma como se manifiesta la erosión de laderas en una ladera de montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical.

En el sector evaluado, cerro La Picota, se observó este proceso, donde se están formando quebradas con orientación NO-SE (figura 07).

Las causas de las erosiones son:

- Pendiente del terreno.
- Roca de mala calidad, de fácil erosión.
- Escasa cobertura vegetal.
- Suelo no compacto.

El factor detonante son las precipitaciones pluviales extraordinarias.

Durante la inspección realizada en el Cerro La Picota se observó que los cauces de quebradas están con desmonte y basura (fotos 24 y 25). Este material suelto podría ser arrastrado aguas abajo por las precipitaciones pluviales, lo cual generaría flujos de detritos o de lodo.



Figura 07. Erosión de laderas en el cerro La Picota, se observa que la zona urbana a cubierto la parte baja de la mayoría de las quebradas.



Foto 24. Vista del cerro La Picota, al fondo se aprecia la ciudad de Huamanga.



Foto 25. Se aprecia el material suelto vertido (desmonte) en el cauce de la quebrada.

A continuación, se describen algunas observaciones hechas en relación a la erosión de laderas:

Zanja o canal de coronación a lo largo del cerro La Picota: La zanja de coronación que se encuentra a lo largo del cerro La Picota, tiene un ancho de 1 – 2 m (foto 26). En el corte se aprecia un suelo arenoso con clastos angulosos, poco compacto, con espesor de 1 a 1,2 m, que yace sobre la ignimbrita⁴.

La zanja de coronación fue construida con finalidad de captar y desviar el agua de lluvia, a fin de atenuar los procesos de erosiones de ladera y así disminuir la carga de sedimentos hacia el cauce de la quebrada. Actualmente este canal es usado como botadero de basura.



Foto 26. Vista de la zanja de coronación realizada sobre el cerro La Picota.

Sector Asociación San Juan de La Picota: El sector Asociación San Juan De La Picota (foto 27), se tienen viviendas y postes de tendido eléctrico ubicados en el cauce

⁴ La ignimbrita es masiva y de color pardo claro

de la quebrada, en tiempos de lluvias son afectados por el paso del agua que genera erosión en sus bases.



Foto 27. Vista de vivienda y poste próximo a la quebrada en el sector San Juan De La Picota.

La parte intermedia del cerro La Picota presenta plantaciones de eucaliptos los cuales en cierta medida protegen la ladera de los cerros.

Sector Mi Perú: En el sector Mi Perú (foto 28) los pobladores, como medida correctiva rudimentaria usan sacos de arena, que lo colocan sobre la superficie del terreno. Esto de una manera disminuye el impacto de erosión de calles y viviendas.



Foto 28. Vistas del sector Mi Perú donde se han colocado sacos de arena para proteger estas de la erosión.

Sector Río Seco: En el sector Río Seco, en la margen izquierda se tiene un muro de concreto con una altura de 1 m; esta infraestructura protege a una vivienda (foto 29). Pero por detrás de la vivienda se aprecia un talud casi vertical y una superficie inclinada, sobre ella un suelo con árboles, que puede ser erosionada. También se ha

observado que por la margen derecha se tienen varias viviendas de adobe, que no tienen medidas estructurales correctivas.

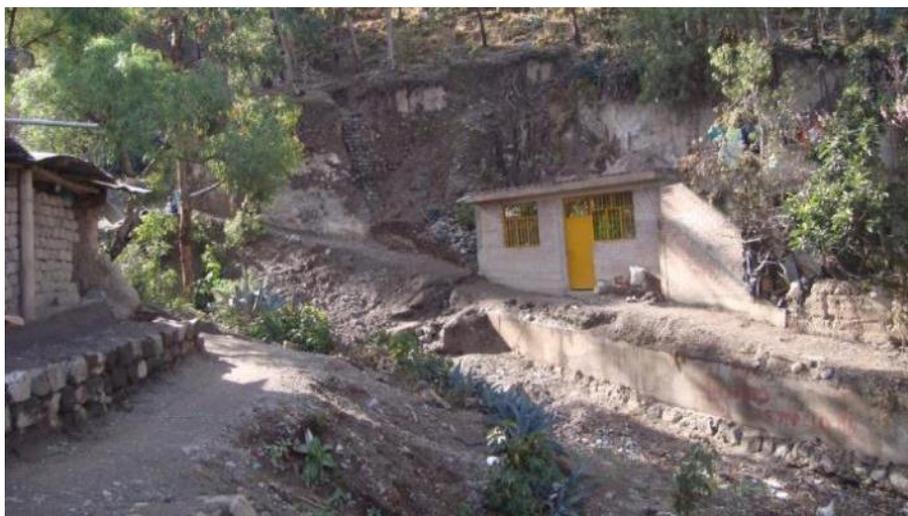


Foto 29. Vivienda de material noble y abobe muy próximas al cauce de la quebrada, sector Río Seco.

Diversos tramos de la Carretera Los Libertadores: En diversos tramos de la carretera Los Libertadores, se observó sobre el corte de talud construcciones de viviendas (foto 30), lo cual está generando sobre-carga en la cabecera del talud.

Los cortes de talud, vienen siendo erosionados progresivamente, por estar descubiertos de vegetación, además no cuentan con ninguna medida estructural que lo proteja de este proceso (foto 30).



Foto 30. Corte de la Vía los Libertadores sobre la cual se ha edificado viviendas de material noble y adobe.

Se aprecia que parte los cauces de las quebradas estan con vegetación, en sectores donde no hay vegetación están ocupadas por viviendas, como ejemplo se tiene el sector Huaytará, donde aguas arriba de la vía Los Libertadores la quebrada se muestra llena de vegetación y aguas abajo ocupada completamente por viviendas (foto 31). Similar condición se observa en el sector de Pueblo Libre, donde el cauce de la quebrada es una vía pública (foto 32).



Foto 31. Vía Los Libertadores se observa la quebrada a) aguas arriba cubierta por vegetación y b) aguas abajo ocupada por viviendas, correspondiente al sector Huaytará.



Foto 32. Sector Pueblo Libre, vía Los Libertadores, donde la quebrada ha sido completamente urbanizada y su cauce se ha convertido en vía pública, a) aguas arriba, b) aguas abajo.

Sector Pistotambo: El sector Pistotambo es el único sector en que la quebrada esta canalizada (foto 33) presenta un canal de 2,5 m de ancho y 2 m de profundidad.

Se observó viviendas ubicadas en las cabeceras de taludes, que están expuestas a movimientos en masa como derrumbes o deslizamientos (fotos 34 y 35).



Foto 33. Canalización de la quebrada, en el sector Pistotambo.



Foto 34. Vista del extremo superior de la canalización de la quebrada en el sector Pistotambo.



Foto 35. Vista desde el sector Pérez de Cuellar, se aprecia viviendas ubicadas en la cabecera de la cárcava.

Sector Pérez de Cuellar: En el sector Pérez de Cuellar se muestran varios predios de material noble, cercanos al borde de talud de la cárcava, en la ladera se aprecian desechos y escombros (foto 36).

Sector puente Mollopata: Llegando al puente Mollopata se observó que la quebrada tiene un muro de contención hacia la margen derecha, con la finalidad de proteger viviendas de adobe.

Según los pobladores en el presente año este muro de concreto ha sufrido algunos daños (foto 35), donde el suelo ha venido cediendo por las constantes lluvias, además se observó que cauce está obstruido por bloques de roca y cúmulos de basura.



Foto 36. Vista de la quebrada junto al puente Mollopata.

3.3 Derrumbe

Los derrumbes o avalanchas de bloques, son procesos naturales que transforman el paisaje. Estos procesos son rápidos y se producen al desprenderse rocas de las laderas abruptas y escarpadas. Es común en rocas densamente fracturadas y falladas, este tipo de eventos se reconocen por las cicatrices del desprendimiento (nichos) y por el depósito anguloso y heterométricos (Fraustro 1998).

Estos eventos pueden causar destrucción de viviendas, caminos, interior de mina, cavernas, canteras, etc.

Quebrada Chaquihuayco

En el sector Barranqueños perteneciente al distrito Carmen Alto, se produjo un derrumbe de rocas, en la margen derecha de la quebrada Chaquihuayco. En este evento se desprendieron bloques con diámetros de 2 a 4 m, que llegaron a obstruir el cauce. Este derrumbe se originó por fracturamiento abierto en el macizo rocoso, aguas abajo ocurrieron eventos similares presentándose bloques con dimensiones menores

a 1m. Las paredes de la quebrada alcanzan alturas de hasta 20 m, con pendiente promedio de 85°.

Este macizo rocoso esta inestable (foto 37), podría originar nuevos derrumbes; se observan fracturas verticales con aperturas de hasta 50 cm y espaciamiento entre discontinuidades de 1,5 a 2 m.



Foto 37. Sector Barranqueños, se muestra un derrumbe que obstruyó el cauce de la quebrada Chaquihuayco.

Cerro La Picota

En el cerro La Picota se han observado algunos derrumbes de menores dimensiones, ubicados en los cortes de talud para la carretera (foto 38), principalmente en sectores donde el suelo se muestra poco compacto y la roca está muy meteorizada. Las estacionales infiltraciones de agua por lluvia y de regadío, permiten la pérdida de cohesión en el suelo.



Foto 38. Derrumbes en los cortes de talud de carretera Los Libertadores.

4. MEDIDAS PREVENTIVAS

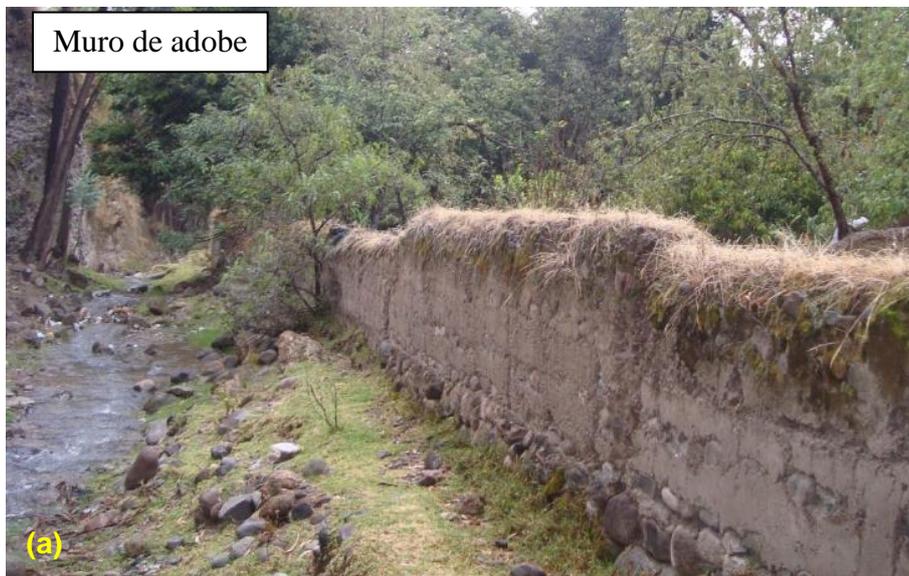
4.1 Medidas preventivas realizadas

Las medidas preventivas adoptadas por las municipalidades son principalmente del tipo estructural, siendo en el cerro La Picota donde más se han usado, en referencia con la quebrada Chaquihuayco. Medidas de tipo no estructurales no se han efectuado, porque no se observó ningún tipo de señalización que prohíba y advierta del peligro en ocupar y/o construir en las áreas aledañas a la quebrada Chaquihuayco y en el cerro La Picota. Falta de campañas de sensibilización en la población.

En la quebrada Chaquihuayco se han colocado muros de concreto, de adobe y empedrados de 1 a 2 m de altura, en diversos tramos de la quebrada, es de indicarse que no presentan bases adecuadas y podrían ser socavadas fácilmente con el incremento del caudal, además estas solamente se encuentran protegiendo la margen derecha de la quebrada delimitando muchas veces áreas de cultivo (fotos 39a, 39b, 39c).

En el caso del Cerro La Picota se ha utilizado el banqueteo en las cabeceras de las quebradas, lo cual ha funcionado de forma eficiente en la reducción de la erosión del suelo (foto 41). Otras medidas adoptados son los empedrados a manera de muros disipadores dentro de la quebrada, observados en el sector Río Seco.

En algunos sectores también se han colocado muros de concreto (foto 42) para proteger los puentes de la vía Los Libertadores.





Fotos 39a, 38b y 38c. Vista de los diferentes muros observados a lo largo de diferentes segmentos de la Qda. Chaquiwayco.



Foto 40. Muro empedrado de 50 cm de ancho colocado perpendicular a la quebrada para retener material arrastrado por las lluvias en el cerro La Picota.



Foto 41. Banqueteo realizado en una de las quebradas del cerro La Picota.



Foto 42. Vista de puente y muro de concreto de 1,5 m de altura, en los márgenes de la quebrada, vía Los Libertadores.

Además de estas medidas adoptadas, se debe realizar lo siguiente:

- El ordenamiento en la cuenca de recepción, con el objeto de favorecer al máximo la infiltración en esta zona, evitando la erosión, reduciendo la escorrentía superficial retardando el tiempo de concentración de las aguas. Esto se debe llevar a cabo con un adecuado plan de mantenimiento de los suelos, la vegetación y los cursos de agua por los cuales discurre naturalmente.
- Establecimiento de medidas prospectivas para la prevención de riesgos, basados en una adecuada planificación de gestión riesgos de desastres, el cual debe de ser consensuado entre los diferentes distritos involucrados, con fin de tener una adecuada aceptación. Esto permitirá la difusión de información de los riesgos existentes y las medidas adoptadas para mitigar o eliminar su efecto, como el establecimiento de sistemas de alerta temprana integral en la microcuenca.

4.2 Medidas correctivas estructurales propuestas

a) Para la erosión fluvial

En este caso se debe de:

- Realizar el mantenimiento y limpieza de la quebrada Chaquihuayco para que se establezca un cauce definido.
- Reemplazar las defensas ribereñas o muros que muestren deterioro o no presenten un diseño adecuado; en los tramos que no presenten ninguna protección se debía canalizar adecuadamente, pudiéndose en este caso usar gaviones o muros de concreto.

Gaviones

Las presas de gaviones son estructuras permanentes, flexibles y permeables construidas a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado denominados gaviones, los cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye la presa de control. Las mallas de alambre que forman el gavión presentan la forma de un hexágono entrelazado con triple torsión y de peso por metro cúbico de gavión constante (López y Oropeza, 2009). Figura 8 y foto 43.

Dentro de las principales ventajas de los gaviones se tiene las siguientes:

- Su costo de elaboración es relativamente bajo.
- No requiere de una cimentación.
- Son flexibles adaptándose al terreno.
- Son estructuras drenantes.
- Montaje fácil y rápido, no requiriendo de una mano especializada.
- Trabajan por gravedad.

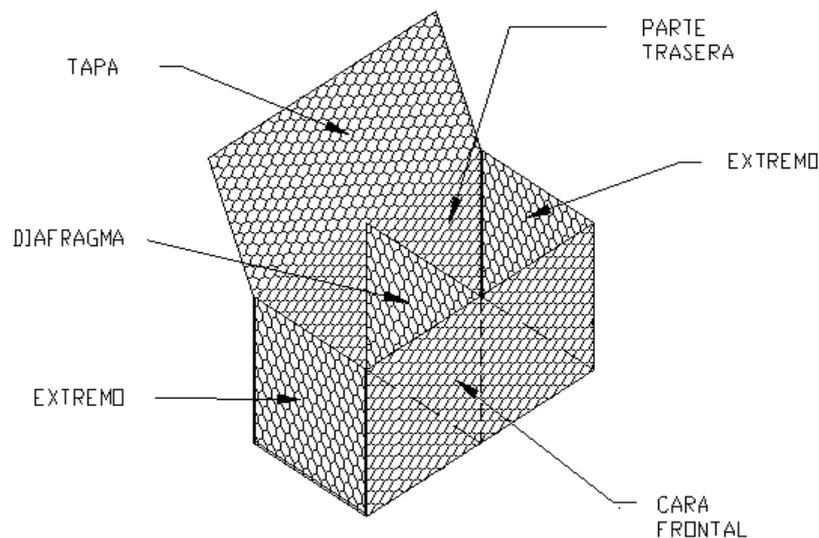


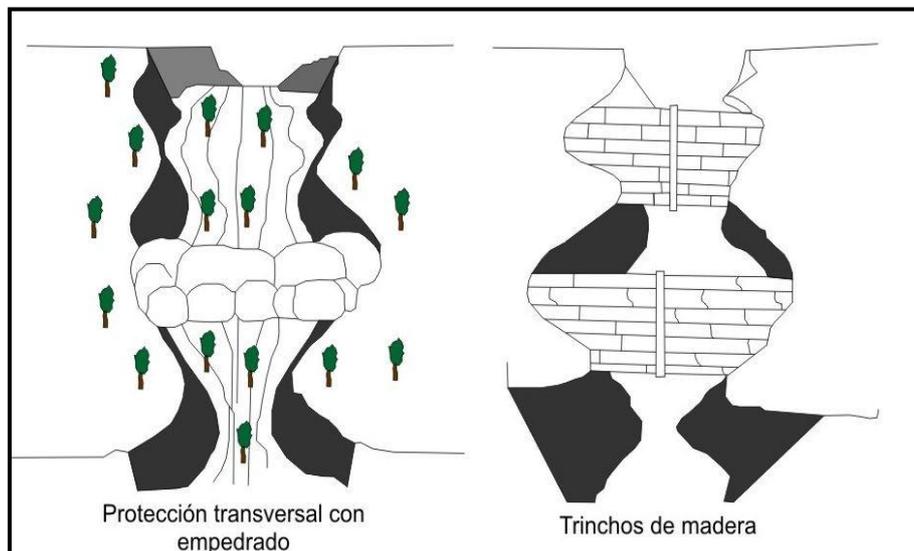
Figura 8 Esquema de un gavión



Foto 43. Vista de gaviones protegiendo las riberas de un río.

b) Para la erosión de laderas

En este caso donde sea posible efectuar el “banqueamiento o banqueteo” en las laderas de las cabeceras de las quebradas o complementando a estas se podría efectuar la construcción de diques y muros de contención o disipadores de energía en el cauce de las quebradas (figura 9).



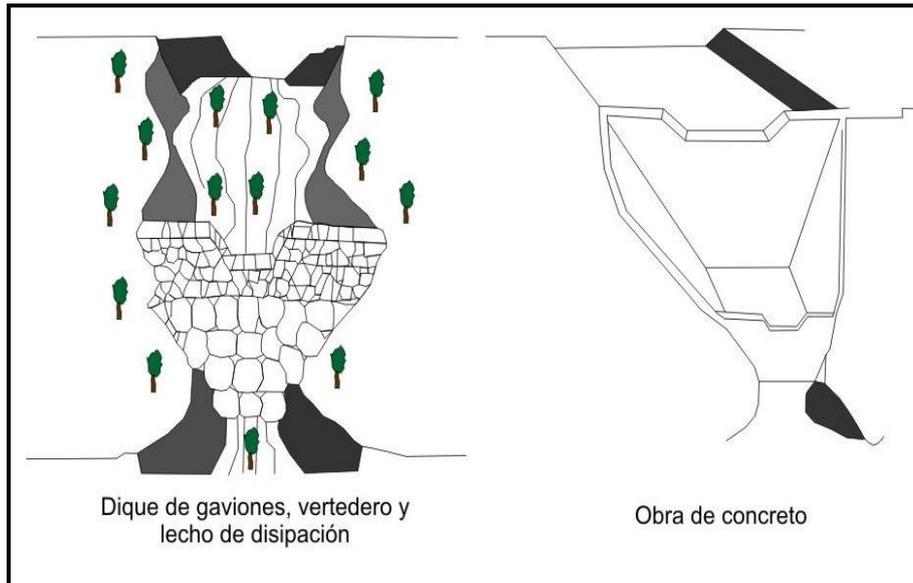


Figura 9. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas (CENICAFÉ, 1975).

La forestación de las cabeceras (figura 10) y las áreas inestables podría ayudar a mitigar el efecto erosivo de las aguas.

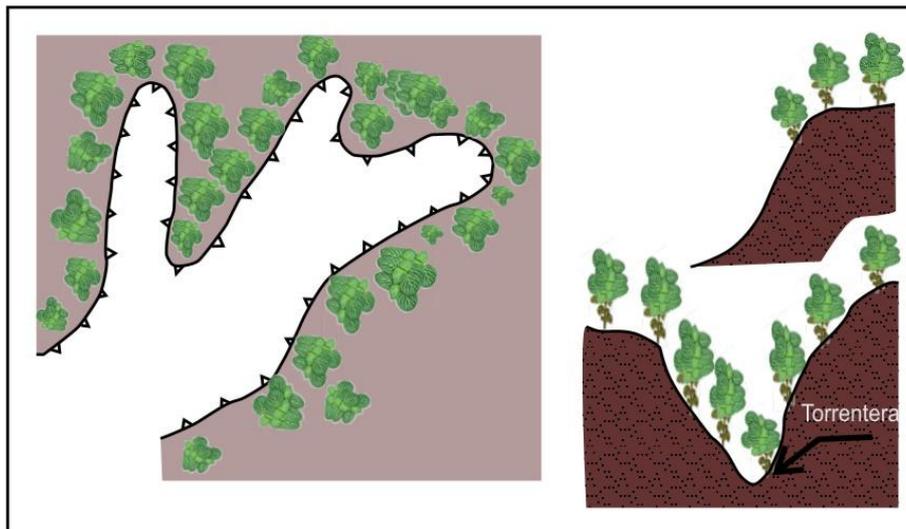


Figura 10. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

CONCLUSIONES

1. El área de estudio se considera desde el punto de vista geodinámico muy activa, susceptible a movimientos en masa como derrumbes, flujos de detritos y erosión de laderas. Se le considera como **zona crítica, por lo tanto, de peligro inminente**, ante la ocurrencia de lluvias estacionales y excepcionales.
2. La falta de un plan urbanístico en estas áreas urbanas y de expansión urbana evaluadas, ha permitido que la población se desarrolle sobre de zonas susceptibles a movimientos en masa.
3. La quebrada Chaquihuayco presenta peligros de derrumbes, como se observan en los distritos Carmen Alto, Huamanga y Jesús Nazareno; huaycos en los distritos Carmen Alto, San Juan Bautista, Mariscal Andrés Avelino Cáceres.
4. El derrumbe observado en la quebrada Chaquihuayco, sector Barranqueños, fue condicionado por la litología (ignimbrita) y el fracturamiento del macizo rocoso. Se tienen escarpas verticales con fracturas paralelas a la cara libre del talud. Además viviendas construidas sobre el talud de las márgenes de la quebrada que incrementan la carga vertical, pudiendo originarse posteriormente nuevos derrumbes. También pueden ser afectados por procesos de erosión de laderas.
5. Los suelos en la quebrada Chaquihuayco, presentan mediana a baja compactación y son susceptibles a derrumbes de tierra y huaycos.
6. Se observó en el puente Yanama, un estrechamiento del cauce de la quebrada, donde se puede represar agua o flujo de agua y detritos; el desembalse afectaría la población y área de cultivo que se encuentra aguas abajo que pertenecen a los distritos Carmen Alto, San Juan Bautista, Mariscal Andrés Avelino Cáceres.
7. El cerro La Picota presenta principalmente erosión de laderas (cárcavas) y derrumbes, que pueden afectar las viviendas ubicadas en las laderas y sobre taludes (corte de talud para carretera).
8. Las obras como banqueteo en las cabeceras de las quebradas y la zanja de coronación en el cerro La Picota, permiten estabilizar la erosión y la sobresaturación de los suelos. Pero existe un deficiente mantenimiento y limpieza de éstas, impidiendo su correcto funcionamiento.
9. Los depósitos antropogénicos acumulados en las cabeceras de las quebradas (desmonte, basura) podrían ser removidos por las precipitaciones pluviales, ello aportaría material suelto al cauce de la quebrada para futuros flujos de detritos (huaycos).
10. Las conexiones de desagüe observados en gran parte de la quebrada Chaquihuayco y en el cerro La Picota, están saturando estos terrenos los cuales podrían tornarse inestables con el paso del tiempo.
11. Los cúmulos de basura, escombros y aguas residuales representan un gran foco de contaminación ambiental.

RECOMENDACIONES

Quebrada Chaquihuayco

- a) Realizar el encausamiento y limpieza de toda la quebrada Chaquihuayco de manera periódica (anual), para evitar su erosión o el estrechamiento en su cauce.
- b) Realizar la canalización adecuada de la quebrada con fin de proteger los márgenes de esta y evitar su erosión.
- c) Mejorar el drenaje en el puente Yanama, con fin de desaguar las aguas acumuladas en este puente.
- d) Establecer un plan metropolitano de crecimiento urbano, rural en la ciudad de Ayacucho y alrededores, con una proyección a un futuro. Se debe establecer una franja marginal para las viviendas y áreas de cultivo en los distritos Ayacucho y vecinos principalmente en el entorno de la quebrada Chaquihuayco que los atraviesa y el cerro La Picota.
- e) No permitir el arrojado de desmonte y basura a la quebrada que colmatarían esta.

Cerro La Picota

- a) Realizar el mantenimiento y limpieza en todos los canales que sirven de drenaje a las aguas provenientes de las partes altas de las quebradas (o cárcavas) del cerro La Picota.
- b) Continuar con el banqueteo en las cabeceras de las quebradas del cerro La Picota, así como la colocación de muros disipadores de energía a lo largo de cada una de estas para evitar o reducir el efecto erosivo en los períodos de lluvias estacionales o excepcionales.
- c) La medida anterior debería ir acompañada con la reubicación de las viviendas que se encuentren en el curso natural de la quebrada, la reforestación de las áreas que se muestren expuestas a la infiltración excesiva de las aguas.
- d) Evitar el arrojado de material de desmonte o desecho de construcciones y basura en el cauce de las quebradas, ello obstruye el curso normal de las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales.
- e) Para evitar la erosión en los taludes de la vía Los Libertadores, debe colocarse muros de gaviones para contener el material que se desprende del talud y proteger el pie del talud. También se pueden usar mallas metálicas que cumplirían una función similar. Estas medidas deben ir acompañadas con la forestación empleando vegetación adecuada que ofrezca protección y no incremente la carga sobre el talud.

Para ambos sectores se tiene que colocar medidas no estructurales como letreros indicando el inicio de la franja marginal, así como aquellos orientados a evitar la acumulación de desechos tanto en el cerro La Picota como en la quebrada Chaquihuayco. Desarrollar además una sensibilización de la población a los peligros geológicos que los afectan, la vulnerabilidad existente así como las malas prácticas de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro, C. (2011). **Diagnóstico de la construcción en Ayacucho**. Seminario Regional de Estudios y Normalización de la Construcción: Colegio de Ingenieros del Perú.

CENICAFÉ (1975). **Manual de conservación de suelos de ladera. En Manual de Estabilidad de Taludes-Geotecnia Vial-1998**. Instituto Nacional de Vías. Ministerio de Transporte. Colombia. 339 p.

Cruden, D., & Varnes, D. (1996). **Landslide Types and Processes**. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

Fraustro, O. (1998). **Derrumbes, deslizamientos y expansión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de Cuatepec: región sur de la Sierra de Guadalupe, en la Ciudad de México**. Investigaciones Geográficas, Boletín 38. 15 p.

Instituto Nacional De Defensa Civil - Indeci (2003). **Mapa de Peligros de la ciudad de Ayacucho**. Estudios de Ciudades Sostenibles: Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051. 114 p.

Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. (2007), **Sistema de Consulta de Cuadros Estadísticos – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda**. (Consulta 15 mayo 2016). <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>.

López, R. y Oropeza, J. (2009). **Presas de gaviones**. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos Para el Desarrollo Rural. México. 14 Pág.

Proyecto Multinacional Andino, PMA: GCA (2007) **Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas** Geociencias para las Comunidades Andinas. 404p.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI (2008). Estación Huamanga, tipo Convencional – Meteorológica. (Consulta 15 mayo 2016) http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/dat_esta_tipo.php?estaciones=000661.

Varnes, D. J. (1978). **Slope movement types and processes**. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.

Ministerio de Vivienda de Construcción y Saneamiento (2011). **Peculiaridades del suelo en Huacho normatividad específica**. (Fecha consulta mayo 2016). Disponible en

<http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2011/ayacucho/4.%20NORMA%20E.050%20SUELOS%20Y%20CIMENTACIONES.pdf>. 29 p.

Morche, W., M.; Albán, C.; De La Cruz, J.; Cerrón, F. (1995). **Geología del cuadrángulo de Ayacucho (27-ñ)**. Boletín INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional, 61, 129 p.

Vilchez y Ochoa (2014). **Informe de zonas críticas por peligro geológico de la región Ayacucho**. Informe Técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 51 Págs.

Vilchez y Ochoa (2016). **Mapa Geomorfológico de la Región Ayacucho**. INGEMMET- Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. En revisión

Zavala, B. (2015). **Peligros por flujos de detritos e inundación-erosión fluvial: Quebradas Ranrata, Sihuana, Puca Puca, Cochana y Sector Coñez-Taurisma**. Distritos Tomepampa, Huaynacotas y Cotahuasi, provincia La Unión, departamento Arequipa. INGEMMET. Informe Técnico N° A6696. 48 p.