

Informe Técnico N° A6457

Evaluación de peligros geológicos en el Valle Sagrado de los Incas, río Vilcanota

Distritos Urubamba y Ollantaytambo, provincia Cusco, región Cusco

POR:

MSC. PATRICIO VALDERRAMA MURILLO
GEOL. JESÚS ROA CALUMANI

MAYO 2011



**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL VALLE SAGRADO DE
LOS INCAS, RÍO VILCANOTA
(Distritos Urubamba y Ollantaytambo, provincia Cusco, región Cusco)**

INDICE

1.0	INTRODUCCIÓN	1
2.0	ASPECTOS GENERALES	1
3.0	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	2
4.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS E INGENIERO GEOLÓGICOS	9
5.0	PELIGROS GEOLÓGICOS EVALUADOS	11
5.1	SECTOR HUAYRONCCOLLOC PAMPA - OLLANTAYTAMBO	12
	<u>Áreas afectadas</u>	
	<u>Tipo de material</u>	
	<u>Peligro geológico</u>	
	<u>Causa</u>	
	<u>Daños</u>	
	<u>Recomendaciones</u>	
	<u>Fotos</u>	
5.2	SECTOR TANCCAC PAMPA – OLLANTAYTAMBO	16
	<u>Áreas afectadas</u>	
	<u>Tipo de material</u>	
	<u>Peligro geológico</u>	
	<u>Causa</u>	
	<u>Daños</u>	
	<u>Recomendaciones</u>	
	<u>Fotos</u>	
5.3	SECTOR SUBCUENCA DEL RÍO CHICÓN - URUBAMBA	20
	<u>Áreas afectadas</u>	
	<u>Tipo de material</u>	
	<u>Peligro geológico</u>	
	<u>Causa</u>	
	<u>Daños</u>	
	<u>Recomendaciones</u>	
	<u>Fotos</u>	
5.4	SECTOR HUYCHO - URUBAMBA	23
	<u>Áreas afectadas</u>	
	<u>Tipo de material</u>	
	<u>Peligro geológico</u>	
	<u>Causa</u>	
	<u>Daños</u>	
	<u>Recomendaciones</u>	
	<u>Fotos</u>	

5.5	SECTOR PUENTE HUAYLLABAMBA - URUBAMBA	26
	<u>Áreas afectadas</u>	
	<u>Tipo de material</u>	
	<u>Peligro geológico</u>	
	<u>Causa</u>	
	<u>Daños</u>	
	<u>Recomendaciones</u>	
	<u>Fotos</u>	
5.6	SECTOR YUCAY – URUBAMBA	29
	<u>Áreas afectadas</u>	
	<u>Tipo de material</u>	
	<u>Peligro geológico</u>	
	<u>Causa</u>	
	<u>Daños</u>	
	<u>Recomendaciones</u>	
	<u>Fotos</u>	
6.	PREVENCIÓN DE AVENIDAS	32
	CONCLUSIONES	37
	BIBLIOGRAFÍA	38
	ANEXOS	39

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL VALLE SAGRADO DE LOS INCAS, RÍO VILCANOTA

(Distritos Urubamba y Ollantaytambo, provincia Cusco, región Cusco)

1.0 INTRODUCCION

Las intensas precipitaciones pluviales de los meses de enero a abril del año pasado y en el presente, provocaron avenidas extraordinarias que desbordaron e inundaron las zonas aledañas al cauce del río Vilcanota, afectando las poblaciones de Huayronccollocpampa, Tanccac (aledaño al río Málaga), entre otros. Causando serios daños a viviendas, terrenos de cultivo, animales domésticos y obras de infraestructura.

A raíz de estos acontecimientos, el Presidente del Gobierno Regional del Cusco, mediante Oficio N° 209-2011-GR CUSCO/PR de fecha 12 de abril de 2011, dirigida al Presidente del Directorio de INGEMMET, solicita la evaluación de Riesgos geológicos de los eventos descritos ocurrido en el distrito de Ollantaytambo.

Luego de las respectivas coordinaciones, el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó al MSc. Ing. Patricio Valderrama y al Sr. Jesús Roa, para realizar la inspección técnica solicitada. Evaluación que se efectuó entre el 27 de abril al 3 de mayo del presente.

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

2.0 ASPECTOS GENERALES

Las zonas de inspección están comprendidas entre las ciudades de Urubamba y Ollantaytambo, las que se localizan en plena Cordillera Oriental del sur de Perú, en el departamento de Cusco, Provincia de Urubamba. El río Vilcanota atraviesa la cordillera en dirección Noroeste a Sureste y formó el valle del mismo nombre, conocido también como Valle sagrado de los Incas. Las vertientes del valle son empinadas, llegando a tener importantes cumbres como el Nevado Verónica (5750 msnm) o el Nevado Chicón (5319

msnm). Al área de estudio se accede mediante la carreta principal asfaltada Cusco – Chinchero-Urubamba con un recorrido aproximado de 60 km.

El Clima se presenta generalmente templado, con notables diferencias de temperaturas entre el día y la noche. La temperatura media anual fluctúa entre los 11° y 16 °C, las temperaturas máximas entre 22° y 29 °C y las mínimas entre los 7°C durante el invierno (Mayo – Agosto). Las lluvias caen con regularidad durante el verano (diciembre a marzo) y fluctúa entre los 400 a 100 mm al año (Valderrama et al, 2007).

Dadas sus características climáticas y de elevación (menores a los 3 000 msnm) esta zona es muy rica en agricultura y ganadería, siendo una de las principales zonas productoras de maíz, papa, hortalizas y otros, además de una riqueza ganadera de gran variedad.

3.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1 Geomorfología regional

La zona de estudio se localiza en la unidad geomorfológica Cordillera Oriental en el borde Sur-Oeste, cerca al límite con el Altiplano; siendo cortada por el río Vilcanota (Marocco, 1978; Carlotto et al., 1996). Su relieve es abrupto por las laderas empinadas y quebradas transversales tanto en la margen derecha e izquierda. Las ciudades de Urubamba y Ollantaytambo se localizan en la margen derecha del río Vilcanota y en la desembocadura de las quebradas Chicón y Pumahuanca en Urubamba; y Patacancha en Ollantaytambo.

La Cordillera Oriental se caracteriza por formar una cadena de montañas que sobrepasan los 5000 msnm, mostrando algunos nevados como el Halancoma (5450 msnm), Pumahuanca (5330 msnm), Chicón (5530 msnm). Estas montañas y nevados son nacientes de las quebradas, en cuyas desembocaduras se localizan las ciudades de Ollantaytambo y Urubamba.

3.2 Geomorfología local

La Unidad Geomorfológica que destaca es el correspondiente al Valle, que en la región se le denomina Valle Sagrado de los Incas. Éste es correspondiente a un valle interandino con dirección preferencial SEE a NOO. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas, en tanto que el piso de valle es amplio, formado por varias terrazas aluviales, las que fueron en algunos casos protegidos por muros de contención y aprovechadas como áreas de cultivo mediante andenes.

3.2.1 Urubamba

En la ciudad de Urubamba y áreas circundantes se pueden diferenciar las siguientes unidades geomorfológicas (Fig. 01).

A) Unidad de laderas

A.1. Laderas de pendiente suave

Piso de valle de las quebradas Chicón y Pumahuanca: A esta sub-unidad corresponde la llanura aluvial – proluvial y fluvial de las quebradas Chicón y Pumahuanca, donde se ubican la parte baja de deslizamientos y conos proluviales situados perpendicularmente a la quebrada principal. El material depositado está conformado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Sobre el piso de valle y muy especialmente sobre los pequeños conos proluviales (depósitos de flujos de detritos, aluviones o huaycos) y en las riberas de los ríos Chicón y Pumahuanca se sitúan muchos asentamientos humanos y terrenos de cultivos. Los materiales de estos conos, proceden de la parte alta de las quebradas donde afloran principalmente areniscas de la Formación Huancané, areniscas de las formaciones Paucarbamba, Puquín, Quilque-Chilca, areniscas calcáreas y lutitas del Grupo Yuncaypata, areniscas del Grupo San Jerónimo, granitos Permo-Triásicos, pizarras y volcánicos del Grupo Mitu, y finalmente esquistos de la Formación Paucartambo.

El intemperismo, facilitado por el fracturamiento de las rocas, la presencia de morrenas y/o material fluvioglaciario, presencia de depósitos coluviales, la activación de deslizamientos debido a las rocas de mala calidad (muy fracturadas y alteradas), y la erosión del río. Todo esto facilita la producción de materia prima para la formación de aluviones y huaycos y su consiguiente depósito en forma de conos proluviales mayores de Urubamba, es decir en el Chicón y Pumahuanca.

Conos aluviales – proluviales Chicón y Pumahuanca: Los ríos Chicón y Pumahuanca son afluentes del río Vilcanota en su margen derecha. En la desembocadura de estas quebradas, sobre depósitos de varios conos aluviales se emplaza la ciudad de Urubamba, así como las zonas de expansión y terrenos agrícolas.

Esta sub-unidad comprende toda el área del cono aluvial – proluvial Urubamba (Chicón y Pumahuanca), que se debe a la construcción de varios aluviones procedentes de las quebradas Chicón y Pumahuanca. Está conformado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Es de amplia extensión y poca inclinación. Aquí es donde se asienta la mayor parte de la ciudad de Urubamba y la mayoría de nuevas expansiones urbanas.

Los conos se extienden desde la cota aproximada de 2850 msnm que corresponde al límite con el río Vilcanota, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros que circundan a la ciudad, predominantemente hacia el norte, hasta la cota promedio de 2900 msnm. Desde el punto de vista urbanístico, esta sub-unidad geomorfológica es importante porque debido a sus grandes extensiones ha permitido el crecimiento de la ciudad de Urubamba.

Es importante mencionar que en la margen izquierda del río Chicón-Tullumayo se encuentran restos arqueológicos incas donde se encuentra el Palacio de Wayna Capac que está conformada por recintos y andenerías que están en actual restauración por parte del Instituto Nacional de Cultura (INC). Este conjunto también se vió afectado por al menos un aluvión.

A.2. Laderas de pendiente fuerte

Esta sub-unidad se extiende desde la cota promedio 2900 msnm hasta los vértices de los cerros que rodean la ciudad y cuya altitud sobrepasa los 4000 msnm.

Al Norte de la ciudad de Urubamba el relieve de esta sub-unidad es bastante empinada. A esta unidad también corresponden las laderas de las quebradas Chicón y Pumahuanca, con uso parcial del suelo como terrenos de cultivo y áreas de pastaje. En las laderas abruptas afloran rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas muy fracturadas, sobre las cuales se han desarrollado depósitos coluviales tanto por deslizamientos, derrumbes, así como conos que por la presencia de aguas se vuelven inestables.

Las laderas de esta sub-unidad no son favorables para los asentamientos urbanos por los peligros relacionados a los deslizamientos.

B. Unidad de quebradas y ríos

B.1. Quebrada Chicón

Esta quebrada tiene una longitud aproximada de 10.17 km. y una pendiente promedio de 16%. Se inicia por la confluencia de dos quebradas provenientes del nevado Chicón y lagunas glaciares. En su recorrido se pueden reconocer la comunidad de Chicón y sitios como Cancha (Lambranpuquio, Rejaspunco), Buena Vista, el Pino Huilca Esquina, San Isidro, Sancuchayoc.

A lo largo de la quebrada Chicón, se han observado numerosos problemas geodinámicos como deslizamientos antiguos y recientes, cárcavas, conos aluviales, derrumbes y erosión local de las márgenes del río Chicón.

B.2. Quebrada Pumahuanca

La quebrada Pumahuanca tiene una longitud aproximada de 11.51 km y una pendiente promedio de 14 %. Esta quebrada se inicia en la confluencia de dos quebradas Sutoc y Pumahuanca, que se inician en el nevado del mismo nombre. En su recorrido se pueden reconocer los sitios denominados Jajapunco y Pumahuanca (Ahuanmanca).

A lo largo de la quebrada Pumahuanca se han observado numerosos problemas geodinámicos como deslizamientos antiguos y recientes, cárcavas, conos aluviales, derrumbes y erosión local de sus márgenes.

C. Valle del Vilcanota

El río Vilcanota es el colector principal de la gran cuenca hidrográfica del mismo nombre. Tiene un piso de valle amplio y laderas empinadas donde se observan algunos deslizamientos. Los conos aluviales en donde se sitúa la ciudad de Urubamba han rellenado el cauce del río Vilcanota, así como los depósitos fluviales que han formado un valle amplio y plano correspondiendo a terrazas fluviales con poco desnivel al río.

3.2.2 Ollantaytambo

En la ciudad de Ollantaytambo y áreas circundantes, se pueden diferenciar las unidades geomorfológicas de laderas y quebradas-ríos (Fig. 01).

A. Unidad de laderas

A.1. Laderas de pendiente suave

Cono aluvial Patacancha: Esta sub-unidad comprende toda el área del cono aluvial Patacancha, que se debe a la construcción de varios aluviones procedentes de la quebrada Patacancha. Está conformado por bloques y gravas en una matriz limo-areno-arcillosa. Es de amplia extensión y baja pendiente, donde se asienta la ciudad de Ollantaytambo y la mayoría de nuevas expansiones urbanas. Es importante mencionar que gran parte de la ciudad actual de Ollantaytambo se encuentra sobre cimientos incas (margen izquierda

del río Patacancha); mientras que, en la margen derecha y parte baja de la ciudad se encuentran recintos y andenería inca.

El cono se extiende desde la cota aproximada de 2800 msnm que corresponde al límite con el río Vilcanota, hasta las partes bajas de las laderas de los cerros que circundan a la ciudad, predominantemente hacia el norte, hasta la cota promedio de 2900 msnm. Desde el punto de vista urbanístico, esta sub-unidad geomorfológica es importante por sus grandes extensiones y suelos relativamente resistentes, los que han permitido el crecimiento de la ciudad de Ollantaytambo.

Piso de valle de la quebrada Patacancha: El río Patacancha es un afluente del río Vilcanota en su margen derecha. En la desembocadura de esta quebrada, sobre depósitos de conos aluviales se emplaza parte de la ciudad inca y actual de Ollantaytambo.

A esta sub-unidad corresponde la llanura aluvial y fluvial (piso de valle) de la quebrada Patacancha, donde se ubican la parte baja de deslizamientos y conos aluviales situados perpendicularmente a la quebrada principal. Sobre el piso de valle y muy especialmente sobre los pequeños conos aluviales y en las riberas del río Patacancha se sitúan muchos asentamientos humanos, terrenos de cultivos, y humedales entre los principales usos del suelo. Los materiales de este cono, proceden de la parte alta de las quebradas, donde afloran principalmente rocas de edad paleozoica, pertenecientes a las formaciones Ollantaytambo, San José, Sandia, y el Grupo Mitu.

A.2. Laderas de pendiente pronunciada

Esta sub-unidad se extiende desde la cota promedio mayor a 2900 msnm hasta las cumbres de los cerros que rodean la ciudad y la quebrada Patacancha.

El relieve de esta sub-unidad es bastante empinado, sobre todo la ubicada al norte y oeste de la ciudad. En estas laderas se tienen restos arqueológicos incas donde se aprecian principalmente andenes y restos de construcciones pertenecientes al conjunto arqueológico de Ollantaytambo. En estas laderas afloran rocas metamórficas fracturadas que aunadas a los taludes muy abruptos favorecen a la formación de conos de deyección. Estos se caracterizan por estar formados de bloques y gravas de rocas muy inestables.

Las laderas de esta sub-unidad no son convenientes para los asentamientos urbanos por los peligros que presentan y además en algunos casos por ser zonas arqueológicas intangibles.

A esta sub-unidad también corresponden las laderas de la quebrada Patacancha, donde se han reconocido varios deslizamientos, asentamientos humanos así como terrenos de cultivo y áreas de pastaje. En las laderas afloran rocas metamórficas muy fracturadas con formación de conos de deyección y a veces con formación de depósitos coluviales.

B. Unidad de quebradas y ríos

B.1. Quebrada Patacancha

Esta quebrada tiene una longitud aproximada de 24 km. y una pendiente promedio de 6.6 %. Se inicia en la confluencia de dos quebradas principales Patacancha y Yuracmayo. La quebrada Patacancha nace a los 5000 msnm donde se presentan lagunas; mientras que, la quebrada Yuracmayo nace en el nevado Halancoma a 5450 msnm. En su recorrido se pueden reconocer los sitios denominados Murispampa, Pallata, Huilloc, Patacancha y Ocororuyoc.

A lo largo de la quebrada Patacancha se han observado numerosos problemas geodinámicos como deslizamientos antiguos y recientes, cárcavas, conos aluviales, derrumbes y erosión local de las márgenes.

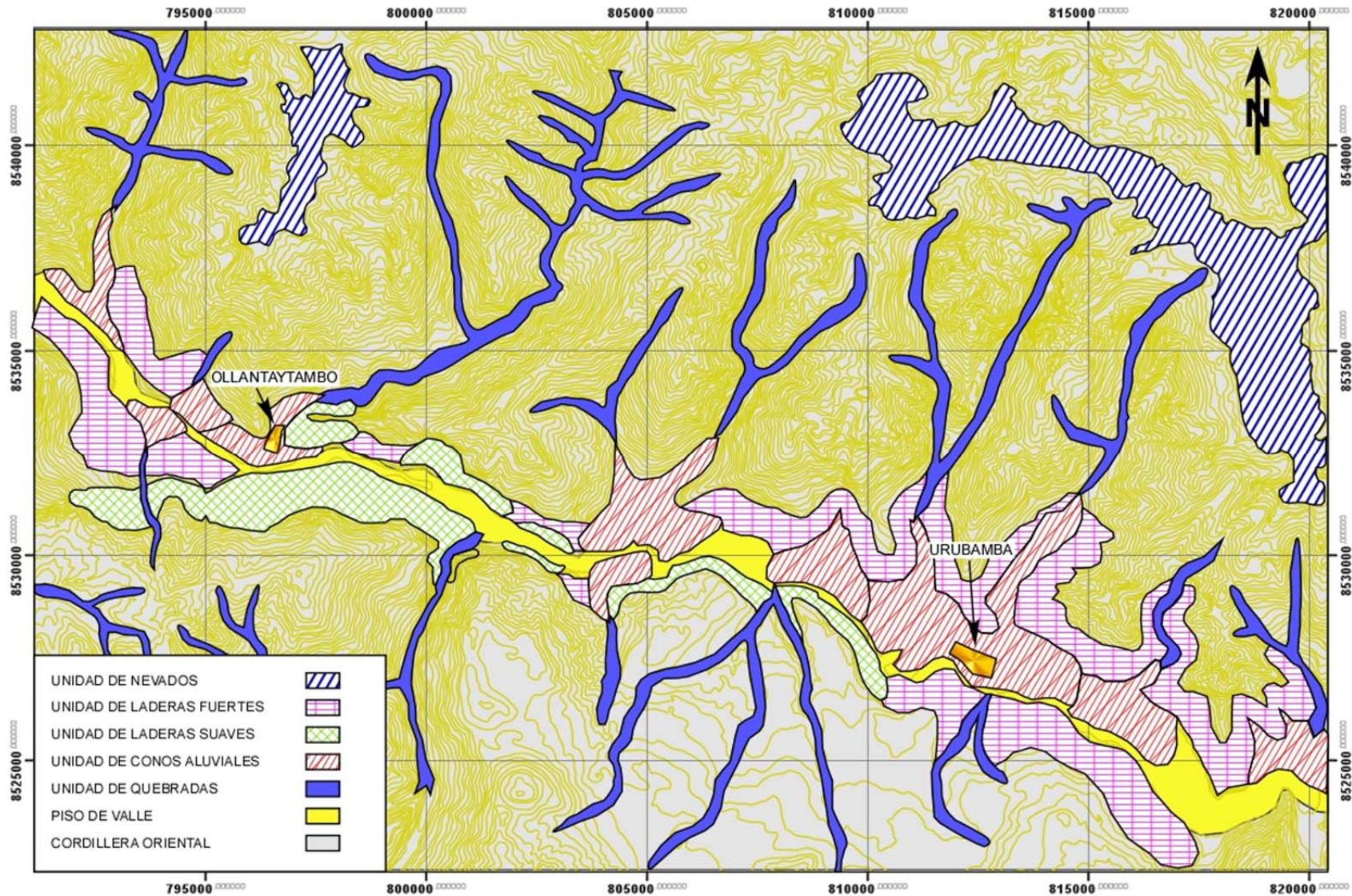


Fig. 01: Geomorfología Local del sector Ollantaytambo – Urubamba. (Tomado de Valderrama et al, 2007)

4.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS E INGENIERO GEOLÓGICOS

La geología de la región de Urubamba y Ollantaytambo (Valderrama, 2007) está caracterizada por presentar afloramientos de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas, que a continuación se detalla.

4.1 SUBSTRATO

Formación Ollantaytambo (Cámbrico-Ordovícico), aflora en los alrededores de la ciudad de Ollantaytambo y está constituida por brechas volcánicas, conglomerados, areniscas y pizarras.

Formación Verónica (Ordovícico basal), es reconocida al norte de Ollantaytambo en la quebrada Yuracmayo. Se trata de conglomerados metamórficos muy resistentes a la erosión.

Formación San José (Ordovícico medio), aflora igualmente al norte de Ollantaytambo y está conformada por pizarras negras y cuarcitas grises.

Formación Sandia (Ordovícico superior), constituye un nivel guía en la cartografía, ya que su composición principalmente cuarcítica y espesor aproximado de 500 m, permite diferenciarla de las otras unidades Paleozoicas.

Formación San Gabán (Ordovícico-Silúrico) aflora en la carretera Calca-Amparaes, cerca de la ciudad de Urubamba, se trata de pizarras y diamictitas (microbrechas).

Formación Paucartambo (Silúrico-Devónico) aflora al norte y sur de Calca. Son secuencias de pizarras y esquistos.

Formación Ccatca (Devónico superior) a una secuencia de pizarras y diamictitas (conglomerados), que afloran desde la zona de Písaq hasta Ollantaytambo.

Grupo Copacabana (Pérmico inferior) aflora cerca de la ciudad de Písaq donde forma el núcleo del Anticlinal de Vilcanota, compuesto principalmente por calizas y lutitas.

Grupo Mitu (Pérmico superior-Triásico inferior), aflora en el flanco noreste del valle del Vilcanota y en las vertientes de la Cordillera Oriental, desde Písaq hasta Ollantaytambo. Está dividido en dos formaciones: Písaq y Pachatusan, conformadas por areniscas y conglomerados y especialmente rocas volcánicas.

Formación Huancané (Cretácico inferior), aflora entre Písaq y Ollantaytambo. Está formada por areniscas cuarzosas bastante porosas y permeables.

Grupo Yuncaypata (Cretácico medio-superior) se presenta desde Písaq a Ollantaytambo, pero su mejor desarrollo está en Urubamba en la margen izquierda del río Vilcanota. Este grupo se ha sido dividido en cuatro formaciones: Paucarbamba, Maras, Ayavacas y Puquín, donde la litología es variable desde calizas hasta areniscas.

Formaciones Quilque y Chilca (Paleoceno), forman un compuesto de lutitas, areniscas y conglomerados de color rojo, que afloran en Urubamba.

Grupo San Jerónimo (Eoceno medio-Oligoceno inferior) está conformado por las formaciones Kayra (3000 m) y Soncco (1500 m). Estas formaciones se presentan ampliamente al norte de Urubamba. Están constituidas por areniscas intercaladas con lutitas rojas.

Rocas ígneas intrusivas (Permo-Triásicas) se presentan al norte de Ollantaytambo y de Urubamba. Están compuestas por granitos que se hallan fracturados y en parte intemperizados, que han facilitado el trabajo erosivo de los glaciares generando morrenas.

4.2 DEPÓSITOS SUPERFICIALES:

Depósitos Morrénicos (Cuaternarios) se ubican al pie de las montañas y nevados de la Cordillera Oriental. Constituyen acumulaciones de bloques y gravas en una matriz gravo-arenosa con tamaños de bloques variables. Su comportamiento no es estable en zonas de pendiente fuerte y sólo necesitan suficiente agua o un aumento de presión en sus paredes para generar avalanchas o flujos de detritos. En la quebrada Runtumayo, en el nevado Verónica la caída de un bloque de hielo sobre una pequeña laguna glaciar produjo la destrucción del dique morrénico que la contenía originando un flujo de detritos que bloqueo la línea férrea que une la ciudad de Ollantaytambo con el poblado de Aguas Calientes (Valderrama et al, 2005).

Depósitos Coluviales (Cuaternarios) se forman en zonas de ladera. Están conformados por una mezcla de limos y gravas. La mayoría de estos depósitos tiene un origen post glaciar ya que son acumulaciones de rocas y sedimentos que por erosión se ubicaron en los pies de las laderas de los valles glaciares y fluvio glaciares.

Depósitos Fluviales (Cuaternarios) se presentan en las márgenes del río Vilcanota. Están conformados por bancos de gravas y arenas, formando terrazas. En las diferentes ciudades, las terrazas bajas constituyen zonas vulnerables, ya que durante las avenidas máximas son afectadas por inundaciones.

Depósitos proluviales (Cuaternarios) corresponden a los conos aluviales, los que se hallan en la desembocadura de las quebradas principales, adyacentes al Valle Sagrado de los Incas. Están constituidos por bloques y gravas envueltas por una matriz arenarcillosa. Estos abanicos muestran la actividad geodinámica pasada y presente (flujos de detritos) de las quebradas de origen glaciar y fluvio glaciar.

4.3 CARACTERIZACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA DE LOS SUELOS

Geotécnicamente los suelos de los alrededores de las ciudades de Urubamba y Ollantaytambo se pueden caracterizar de la siguiente manera:

En Urubamba se tiene la presencia de hasta tres tipos de suelos en función de sus características geotécnicas:

1. Suelos gruesos, granulares compuestos por gravas tales como GW (Grava bien graduada con arena), gravas GM (Grava limosa con arena), suelos GP-GM (Grava mal graduada con limo y arena) y suelos GW-GM (Grava bien graduada con limo y arena) con presencia de bolonería en algunos casos. Estos suelos se encuentran principalmente en la zona urbana. La capacidad portante de estos suelos fluctúa de 1.50 a 2.00 kg/cm². Tomado de Valderrama et al 2007.
2. Suelos finos como SM (Arena limosa con grava) y suelos SM-SC (Arena limo-arcillosa con grava) que se localizan en el sector de Qotohuincho. La capacidad portante de estos suelos varía entre 1.00 y 1.50 kg/cm². Tomado de Valderrama et al 2007.
3. Suelos finos como ML de Limo inorgánico arenoso de baja compresibilidad, que se hallan en Palamayo y que tienen valores de capacidad portante que varía de 0.50 a 1.00 kg/cm². Tomado de Valderrama et al 2007.

En Ollantaytambo se han encontrado 3 tipos de suelos en función de sus características geotécnicas:

1. Suelos gruesos, granulares compuestos por gravas tales como GP (Grava mal graduada con arena), gravas GM (Grava limosa con arena) y suelos GM-GC (Grava limo arcillosa con arena) con presencia de bolonería en algunos casos. Se localizan en gran parte de la ciudad y su capacidad portante es de 1.50 a 2.00 kg/cm². Tomado de Valderrama et al 2007.
2. Suelos finos de tipo CL-ML (Arcilla limo arenosa) reconocidos en el sector Lomadas con capacidades portantes de de 1.00 a 1.50 kg/cm². Tomado de Valderrama et al 2007.
3. Suelos finos ML (Limo inorgánico con arena) localizados en el sector Huayronccoyo cuyas capacidades portantes son de 0.50 a 1.00 kg/cm². Tomado de Valderrama et al 2007.

En la sub cuenca Chicon, dadas las condiciones litológicas, presencia de areniscas, lutitas, pizarras, de mala calidad; así como depósitos cuaternarios morrénicos y proluviales inconsolidados, fácilmente erosionables; podrían generar, teniendo como detonantes a precipitaciones pluviales extraordinarias, flujo de detritos (huaycos y/o aluviones) de gran magnitud (Valderrama et al, 2007).

5.0 PELIGROS GEOLÓGICOS EVALUADOS

Las crecidas de los ríos (avenidas) constituyen un proceso natural ligado a la dinámica geológica, en las cuales el río habilita un cauce amplio para almacenaje del caudal y su carga. La cuenca actúa como un sistema de proceso – respuesta autorregulable, en el cual todos los factores están interrelacionados. Cualquier modificación introducida en un punto, implicará un reajuste en su dinámica y morfología, que no se produce de forma progresiva, sino con cambios bruscos, originando en muchos casos desastres, cuando los caudales y la carga superan sus cauces.

Es importante mencionar que el origen más frecuente de las avenidas son los temporales de lluvias más o menos excepcionales por su intensidad, duración y/o extensión.

Las avenidas se caracterizan por su frecuencia probable de aparición o periodo de retorno, definiendo así la avenida, mensual, anual, decenal, centenaria, milenaria, etc., a cada una de las cuales corresponderán mayores valores de caudal y nivel de aguas, inundando superficies crecientes en las márgenes.

Estas áreas, pese a su inundación periódica o excepcional, son frecuentemente utilizadas por las ventajas que suelen presentar, desde el punto de vista de la agricultura, comunicaciones y asentamientos poblacionales, o para la explotación de caudales del propio río.

En consecuencia, las crecidas o avenidas excepcionales, es decir con caudales superiores a los habituales, en mayor o menor grado, vienen asociadas normalmente con ingentes daños a bienes y personas, como el caso del río Vilcanota. Teniendo en cuenta, que con el “cambio climático”, la tendencia de producirse lluvias excepcionales se incrementa.

5.1 SECTOR HUAYRONCCOLLOC PAMPA - OLLANTAYTAMBO

Área afectada: El poblado de Huayronccolloc Pampa (Fig. 02) fue inundado por una crecida del río Vilcanota el 26 de enero del 2001. Esta inundación afectó la margen izquierda del río en una longitud aproximada de 580 metros de cauce, ingresando las aguas hasta 72 metros de su rivera, cubriendo toda el área donde se ubican viviendas, la plaza principal, la iglesia y pequeños terrenos de cultivo.

Tipo de material: El material presente en la zona es de predominancia aluvial y fluvial. El pueblo de Huayronccolloc Pampa está ubicado en una terraza fluvial muy susceptible a inundaciones, ya que es la llanura de inundación del río Vilcanota.

Peligro Geológico: El sector de Huayronccolloc Pampa, está expuesto a los siguientes peligros geológicos: **desbordes e inundaciones** en la

margen izquierda debido a crecidas periódicas y excepcionales del río Vilcanota (Fotos 01 y 02); **Caída de Rocas** (Foto 03) del cerro Charccahuaylla, ya que dentro de la zona del poblado se encontró grandes rocas desprendidas que significan un peligro latente para la población en caso de sismo. Es importante mencionar que el sector no cuenta con obras de mitigación (muros de contención, gaviones, etc.).

Causas: Las inundaciones de enero del 2011 se debieron a las crecidas o avenidas del nivel del río Vilcanota debido a fuertes precipitaciones pluviales que se precipitaron en la cuenca alta y media del río Vilcanota. También las crecidas del río Málaga provocaron desbordes e inundaciones en este sector. Es importante mencionar que las labores de extracción de agregados altera la dinámica fluvial.

Daños: Las inundaciones del 26 de enero del 2011, afectaron más de 15 viviendas, la plaza principal de la zona, la iglesia (tuvo que ser demolida) y terrenos de cultivo.

Recomendaciones: Se recomienda la construcción inmediata de defensas rivereñas que protejan al poblado de Huayronccolloc Pampa de futuras crecidas del río. Esta defensa rivereña deberá de tener como mínimo 300 metros de largo.

Fotos:



Foto 01: Vista del área afectada por crecidas del río Vilcanota.



Foto 02: La distancia entre el río y la terraza es solo 3 metros, y la diferencia de altura entre las aguas del río y la terraza es menos a 2 metros.



Foto 03: El peligro de caídas de rocas que afecten directamente al pueblo es latente.

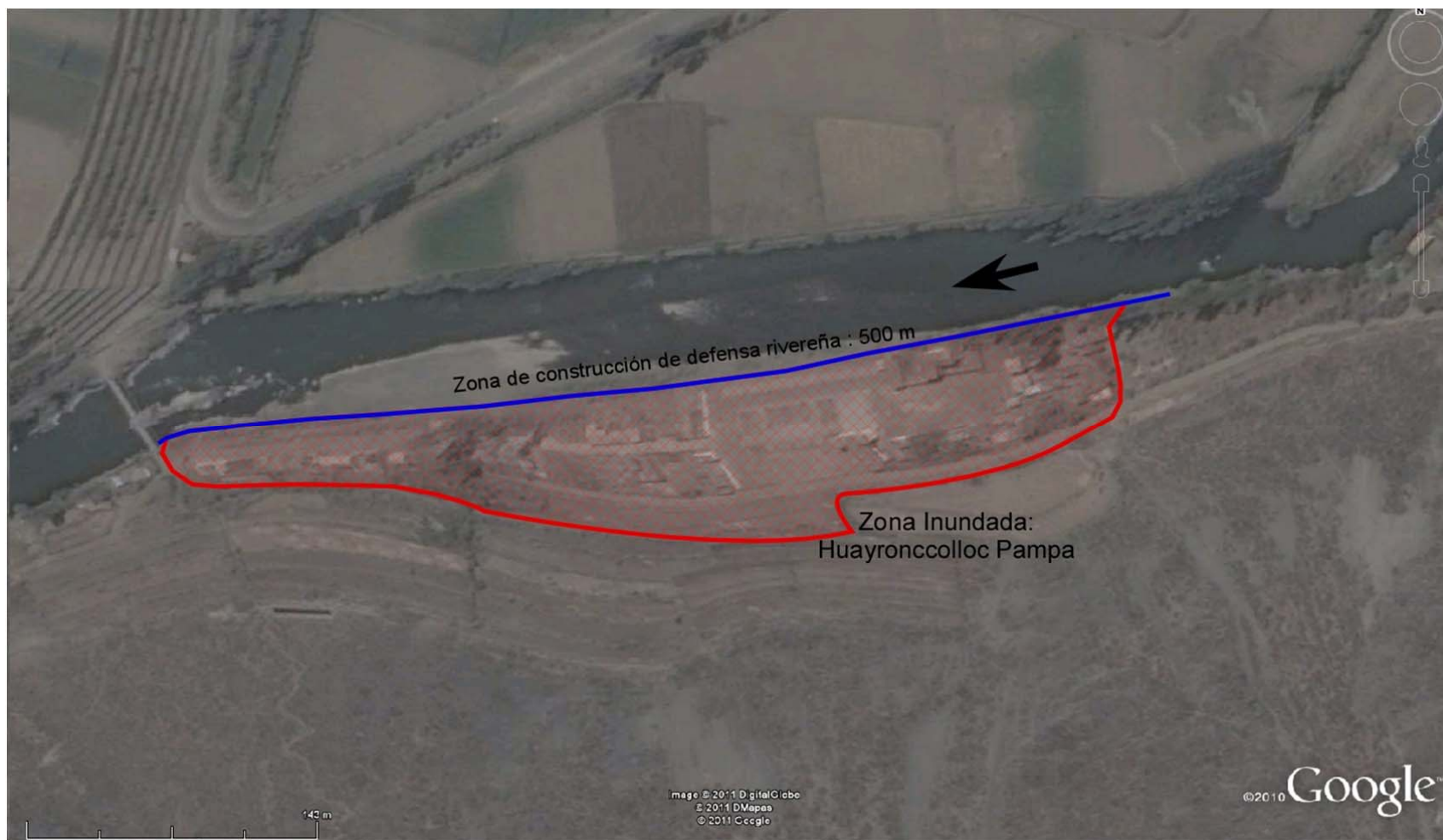


Fig. 02: Ubicación del sector Huayronccolloc Pampa y el área inundada (rojo) y la zona donde debe de estar la defensa ribereña (azul)

5.2 SECTOR TANCCAC PAMPA - OLLANTAYTAMBO

Área afectada: Margen izquierda del río Vilcanota, entre los sectores Tanccac Pampa – Ollantaytambo, afectando terrenos agrícolas y un puente (Fig. 03).

Tipo de material: El material presente en la zona es de predominancia aluvial y fluvial. La zona de Tanccac Pampa está ubicada en una terraza aluvial muy susceptible a inundaciones, ya que corresponde a la llanura de inundación del río Vilcanota.

Peligro Geológico: El sector de Tanccac Pampa está expuesto a los siguientes peligros geológicos: **Inundaciones** y **Erosión fluvial** por crecidas del río Vilcanota.

Causas: Fuertes precipitaciones pluviales en la cuenca alta y media del río Vilcanota, provocaron crecidas que originaron desbordes e inundaciones en la margen izquierda del río Vilcanota. También las crecidas del río Málaga provocaron desbordes e inundaciones en este sector.

Daños: El incremento del caudal del río Vilcanota y el arrastre de grandes bloques de piedras, provocó el colapso del Puente San Pedro de 42 m de luz (Foto 04), único medio de conexión en la zona entre los poblados de ambas márgenes del río Vilcanota. Erosión de la plataforma de la carretera Ollantaytambo – Piscaycucho (Fotos 05 y 06) y la plataforma de la línea férrea Ollantaytambo – Aguas Calientes. Actualmente, solo la línea férrea cuenta con un muro de protección.

Recomendaciones: Se recomienda la construcción inmediata de defensas rivereñas que protejan la zona de la carretera Ollantaytambo – Piscaycucho y la inmediata reconstrucción del Puente San Pedro, considerando los últimos caudales suscitados.

Fotos:



Foto 04: Estado actual del Puente San Pedro, solo quedan las bases laterales.



Foto 05: La crecida del río Vilcanota produjo la erosión de la zona urbana. En la foto se aprecia la exposición de un buzón de desagüe.



Foto 06: Erosión en el tramo de carretera Ollantaytambo – Piscaycucho que también afectó la línea férrea Ollantaytambo – Aguas Calientes.



Fig. 03: Sector de Tanccac Pampa. El Punto A corresponde al colapsado Puesto San Pedro. Punto B: Erosión de las riveras por crecida del río. Punto C: Ubicación actual de la carretera Ollantaytambo – Piscaycucho. Punto D: Ubicación actual de la línea férrea Ollantaytambo - Aguas Calientes. Punto E: Ubicación actual de la ribera del río.

5.3 SECTOR: SUB CUENCA DEL RÍO CHICÓN - URUBAMBA

Área afectada: En la parte alta, terrenos naturales erosionados, terrenos de cultivo, en la parte urbana (Ciudad de Urubamba) calle principal afectada, sistemas de agua potable y desagüe colapsados. Así como también obras de infraestructura vial. Las zonas afectadas fueron Av. Mariscal Castilla, AAHH San Isidro Chicon, Yanacona Chicon, Chichubamba, entre otros

Tipo de material: El material más abundante en la zona son depósitos aluviales antiguos, y presencia de depósitos morrénicos en la parte alta. La ciudad de Urubamba está ubicado en un gran abanico aluvial con origen en el nevado Chicón y el nevado Pumahuanca.

Peligro Geológico: La Subcuenca del río Chicón está expuesta a los siguientes peligros geológicos: **Flujo de detritos** conocidos localmente como huaycos o aluviones, estos pueden originarse por desprendimientos de bloques de hielo de los glaciares del nevado Chicon; así como **Erosión fluvial** por crecidas del río Vilcanota.

Causas: El 17 de octubre de 2010 un desprendimiento de roca y hielo del nevado Chicón sobre un vaso lacustre menor provocó un flujo de detritos de origen glaciar (aluvión), el cual descendió violentamente por la Subcuenca Chicón (Fig. 04). Este evento se volvió a repetir en enero de 2011.

Daños: El aluvión de octubre de 2010, afectó pastos naturales (Foto 07), zonas de agricultura y algunas viviendas. Este flujo se canalizó una de las principales avenidas de la ciudad de Urubamba, erosionando el asfalto de cobertura y destruyendo los sistemas de agua potable y alcantarillado (Foto 08), comprometiendo dicho servicio en las zonas de Cichubamba, San Isidro, Yanacona y Urubamba Distrito.

Recomendaciones: Se recomienda la construcción de disipadores de flujos en la parte alta de la Subcuenca Chicón, además de la construcción de defensas rivereñas y la rehabilitación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de las zonas afectadas por el flujo de detritos.

Fotos:



Foto 07: Erosión de pastos naturales de la parte alta de la subcuenca del río Chicón producto del aluvión.



Foto 08: El aluvión causó daño a las principales calles y sistemas de agua y alcantarillado de la ciudad de Urubamba.

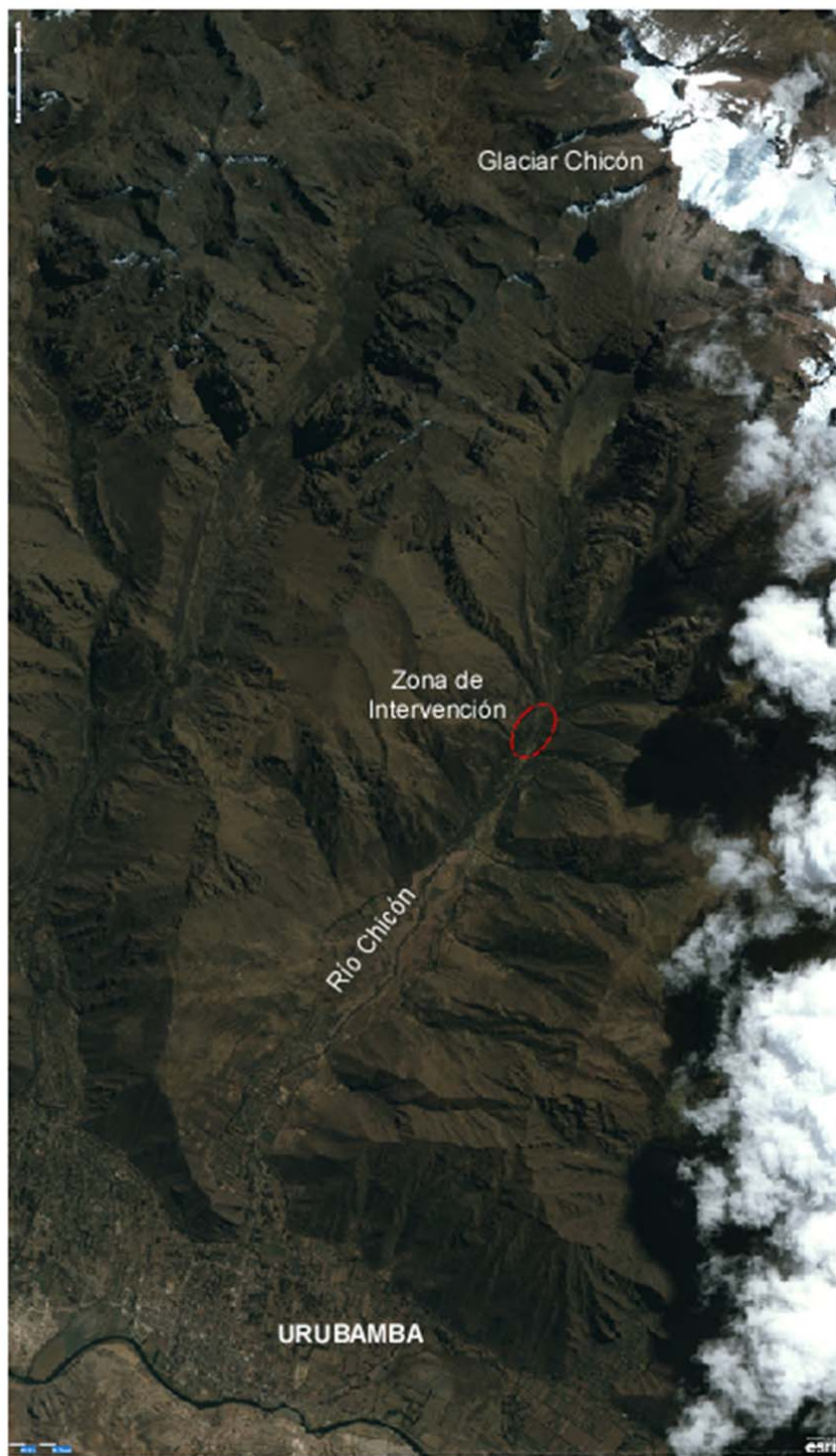


Fig. 04: Sector subcuena del río Chicón.

5.4 SECTOR HUYCHO - URUBAMBA

Área afectada: Varias viviendas afectadas y un puente principal de comunicación destruido (Fig. 05). Problemas en ambas márgenes del río Vilcanota. Sectores Huayllabamba pueblo, Huallocari, Huycho y Sondor.

Tipo de material: El material presente en la zona es de predominancia fluvial-aluvial. La zona de Huycho está ubicada en una terraza fluvial muy susceptible a inundaciones, ya que es la llanura de inundación del río Vilcanota.

Peligro Geológico: El sector de Huycho está expuesto a los siguientes peligros geológicos: **Inundaciones** y **Erosión fluvial** por crecidas excepcionales del río Vilcanota.

Causas: Las inundaciones y erosión de riveras de enero del 2011 se debieron a una crecida del nivel del río Vilcanota debido a la fuerte temporada de lluvias en las partes altas de la cuenca. Colmatación del río Vilcanota en el sector San Salvador. Ausencia de defensas rivereñas. Invasión del cauce para construir viviendas y tierras de cultivo, principalmente en el sector Huallabamba Pueblo.

Daños: Debido a gran crecida del río Vilcanota y el arrastre de grandes bloques de piedras, se produjo el colapso del Puente Huycho de 50 m de luz (Foto 09), q era el único medio de conexión en la zona entre los poblados de ambas márgenes del río Vilcanota. Además, la invasión de las aguas del río Vilcanota en la zona, produjo el colapso de al menos 23 viviendas (Foto 10).

Recomendaciones: Se recomienda la construcción inmediata de defensas rivereñas que protejan el poblado de Huycho y la inmediata reconstrucción del Puente Huycho con su respectiva defensa rivereña.

Fotos:



Foto 09: Donde actualmente se ubica una oroya artesanal se encontraba el Puente Huycho el cual fue destruido por la crecida del río Vilcanota.



Foto 10: Vista de lo que fue una vivienda, la cual colapso producto de las crecidas del río Vilcanota.

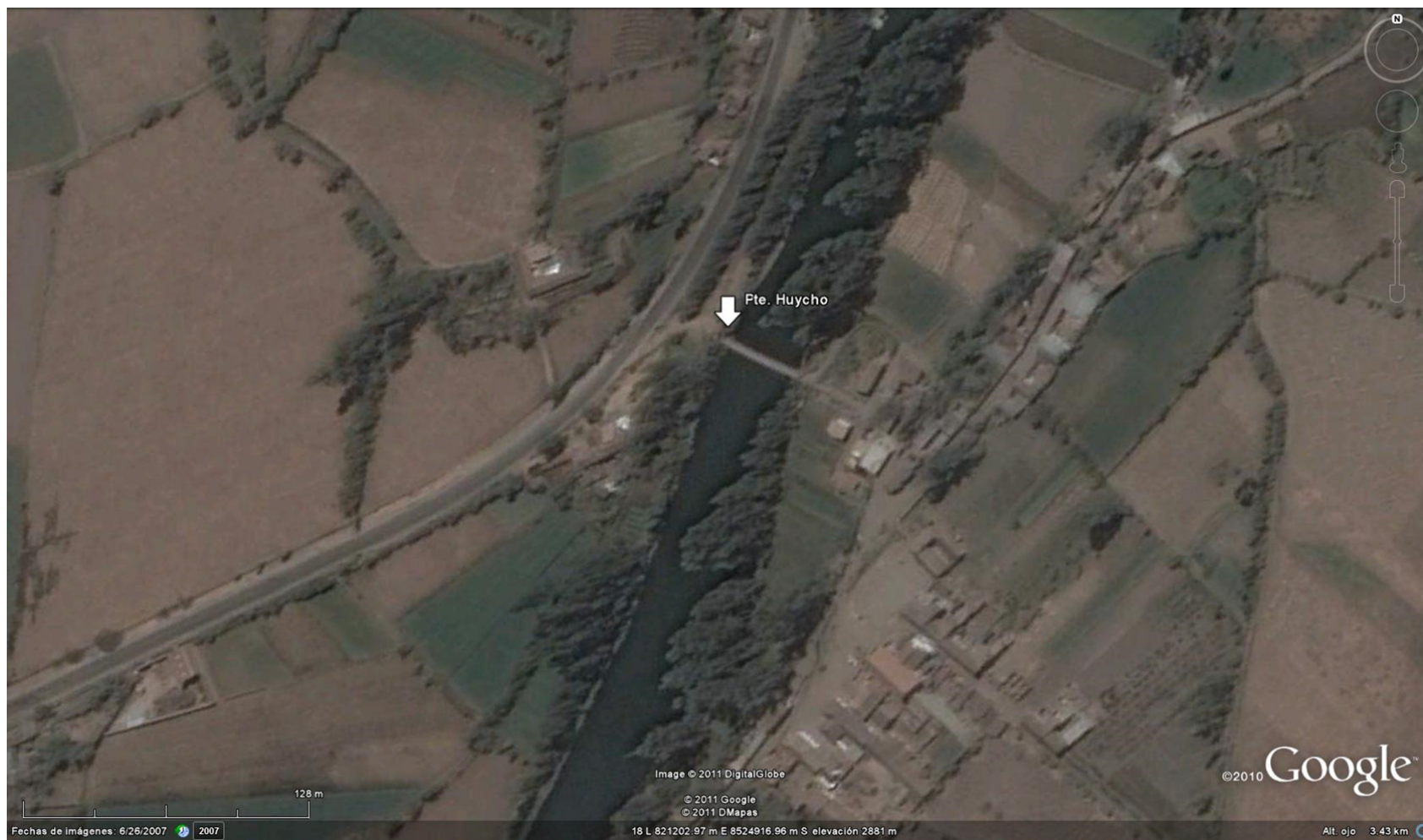


Fig. 05: Localización del Puente Huycho el cual fue destruido por la crecida del río Vilcanota que además afectó varias viviendas.

5.5 SECTOR PUENTE HUAYLLABAMBA - URUBAMBA

Área afectada: Puente de Huayllabamba (Fig. 06).

Tipo de material: El material presente en la zona es de predominancia aluvial y fluvial. La zona de Huayllabamba se ubica en una terraza fluvial muy susceptible a inundaciones, ya que pertenece a la llanura de inundación del río Vilcanota.

Peligro Geológico: El sector del Puente Huayllabamba está expuesto a **Erosión fluvial e Inundaciones** por crecidas del río Vilcanota.

Causas: La erosión de riveras de enero del 2011 se debieron a una crecida del nivel del río Vilcanota debido a la fuerte temporada de lluvias en las partes altas de la cuenca.

Daños: Debido a gran crecida del río Vilcanota y el arrastre de grandes bloques de piedras, se produjo el daño por socavamiento de las bases del Puente Huayllabamba de 27 m de luz (Fotos 11 y 12). Al momento de la inspección, por el puente no se permite el paso de vehículos de más de 10 toneladas de peso, ya que con un peso mayor esto podría colapsar.

Recomendaciones: Se recomienda la construcción inmediata de defensas rivereñas y el reforzamiento de los cimientos del puente Huayllabamba antes de su colapso.

Fotos:



Foto 11: Vista del Puente Huayllabamba, el cual está parcialmente en uso.



Foto 12: Vista de los cimientos del Puente Huayllabamba, los cuales, por debajo del nivel del río están erosionados.

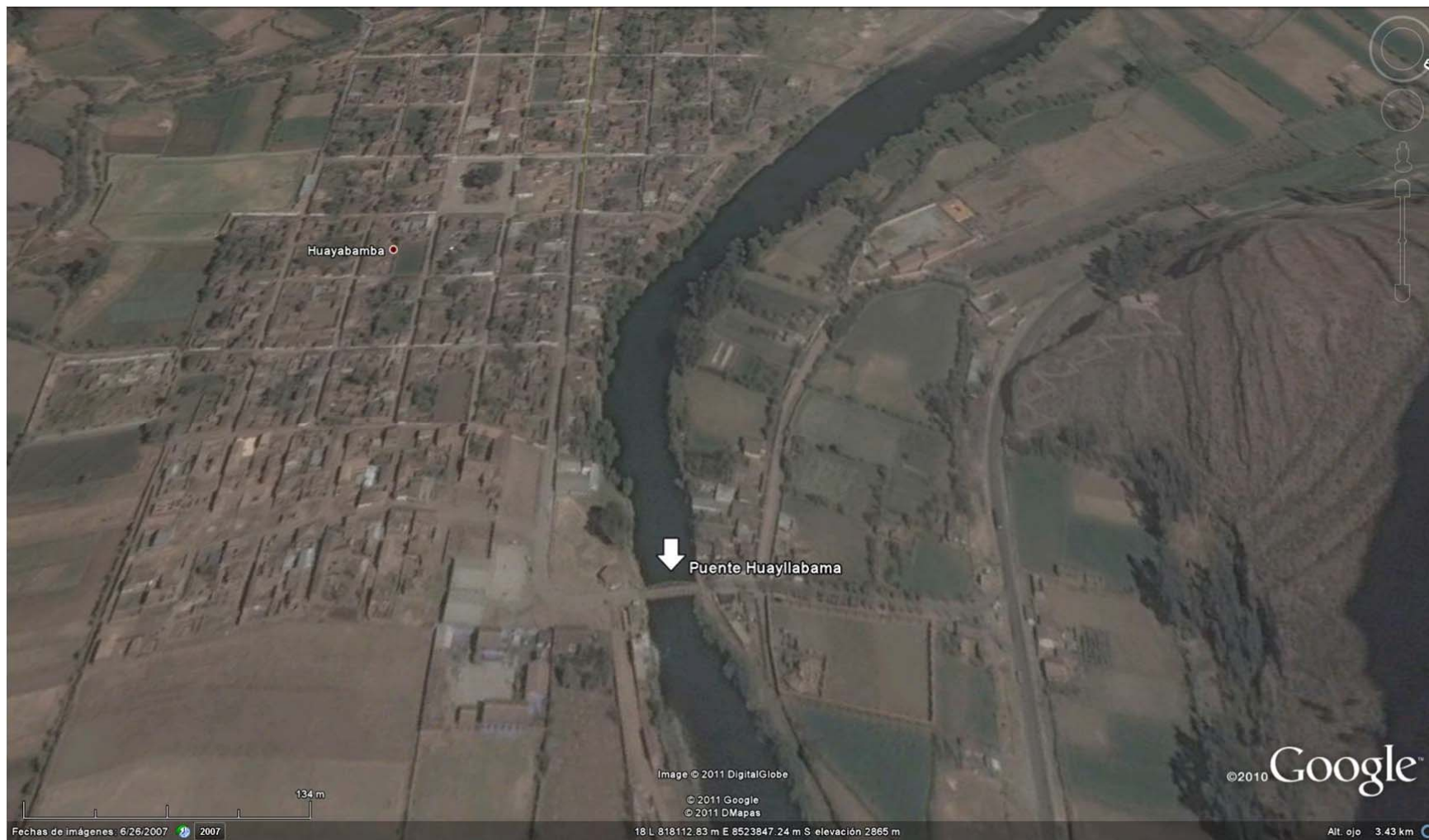


Fig. 06: Ubicación del Puente y poblado de Huayllabamba.

5.6 SECTOR YUCAY - URUBAMBA

Área afectada: Ambas márgenes del río Vilcanota, terrenos agrícolas y una carretera secundaria (Fig. 07).

Tipo de material: El material presente en la zona es de predominancia aluvial y fluvial. La zona de Yucay está ubicada en una terraza fluvial muy susceptible a inundaciones, ya que es la llanura de inundación del río Vilcanota.

Peligro Geológico: El sector de Yucay está expuesto a los siguientes peligros geológicos: **Inundaciones** y **Erosión fluvial** por crecidas del río Vilcanota.

Causas: Las inundaciones y erosión de riveras de enero del 2011 se debieron a una crecida del nivel del río Vilcanota debido a la fuerte temporada de lluvias en las partes altas de la cuenca. También viviendas construidas sin respetar el cauce del río. Colmatación del río Vilcanota.

Daños: Debido a gran crecida del río Vilcanota y el arrastre de grandes bloques de piedras, se produjo la erosión de 500 metros de una carretera secundaria (Foto 13) y la inundación de varios terrenos de cultivo. Actualmente la carretera ya está reconstruida, pero no se tiene ninguna defensa rivereña (Foto 14) ante próximas crecidas del río Vilcanota.

Recomendaciones: Se recomienda la construcción inmediata de defensas rivereñas que protejan la margen izquierda del río Vilcanota, donde se ubica el sector de Yucay.

Fotos:



Foto 13: Vista de la carretera ya reconstruida que fue erosionada por la crecida del río Vilcanota.



Foto14: Construcción parcial de un muro de defensa. El resto de la carretera se encuentra sin ninguna protección ante futuras crecidas.

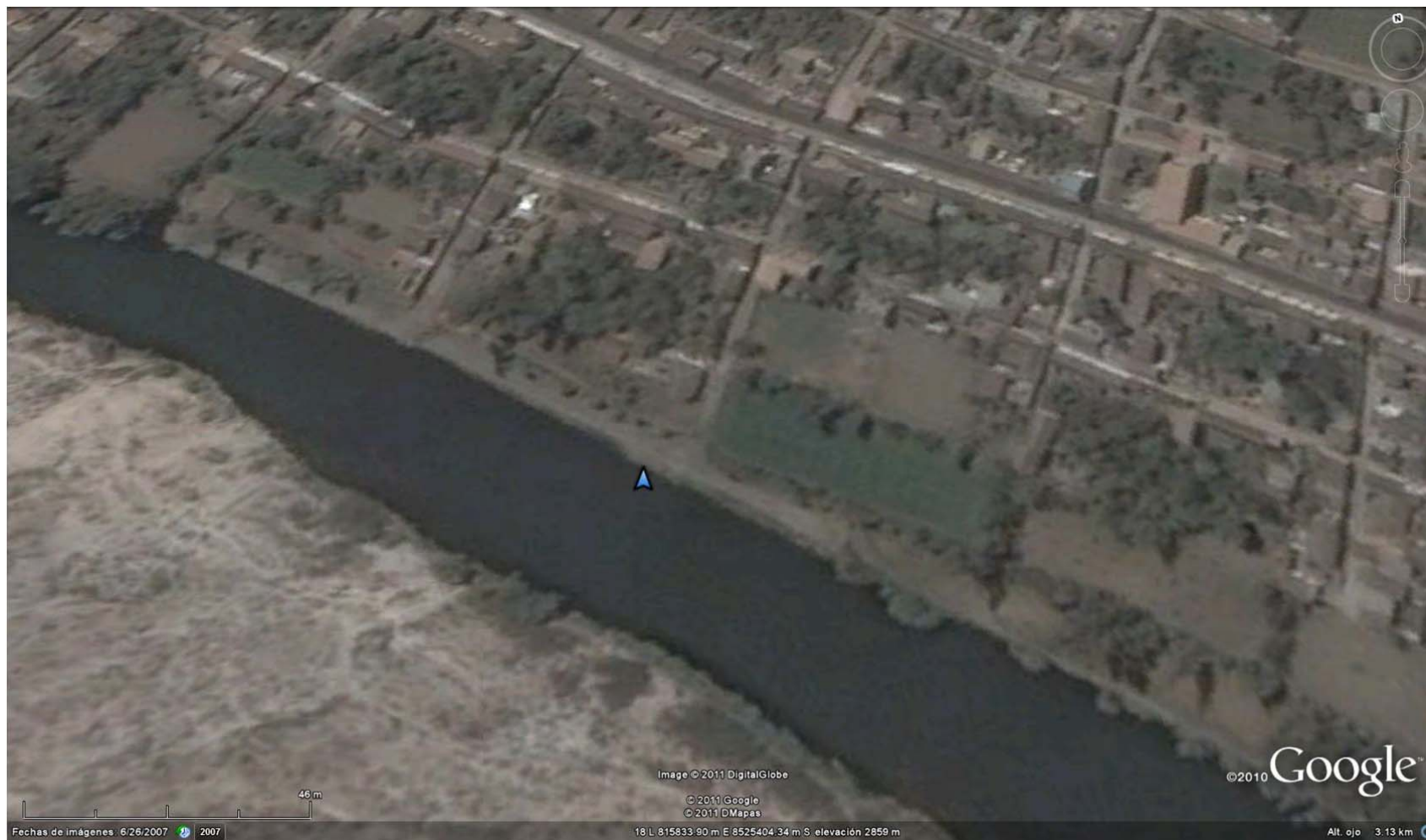


Fig. 07: Sector Yucay, el cual sufrió inundaciones de ambas márgenes por crecida del río Vilcanota. La flecha azul señala la carretera que fue afectada y actualmente reconstruida sin protección adecuada.

6. PREVENCIÓN DE AVENIDAS

Los ríos tienen su fondo de valle cubierto por depósitos fluviales (gravas, cantos, arenas). Estos son materiales de tránsito, que son re TRABAJADOS y removidos por el río, que excava en ellos su canal de flujo normal. En momentos de aumento de caudal (debido a intensas precipitaciones pluviales) el río pasa a ocupar la totalidad de su llanura aluvial y se producen las denominadas avenidas o crecidas produciendo inundaciones, desbordes y erosión. El que este hecho derive en un “desastre” proviene de la competencia de hombre y río por ocupar la llanura de inundación o los espacios cercanos a las orillas de los ríos. Los hechos resultan, a veces, catastróficos socialmente no sólo por la acción de las aguas sobre las actividades humanas, sino también y de forma significativa porque estas mismas actividades contribuyen a acrecentar los daños.

El planteamiento del control de avenidas deberá hacerse combinando una serie de medidas dentro del marco de la planificación regional (IGME, 1985). Las obras de control deben contemplarse también dentro del contexto, y enfocarlas fundamentalmente a disminuir y aminorar los daños. Los aspectos básicos a considerar dentro de esta planificación serán

- 1° Ordenación de la cuenca de recepción: Los objetivos son favorecer al máximo la infiltración en esta zona y evitar la erosión, reduciendo así la escorrentía superficial y retardando el tiempo de concentración de las aguas. Para ello hay que favorecer el mantenimiento de la estructura del suelo mediante el mantenimiento o restauración de la vegetación autóctona, la utilización de pastizales y prácticas de cultivo adecuadas. Para impedir la erosión se empleará pequeñas estructuras o diques que favorezcan el depósito de sedimentos (IGME, 1985)
- 2° Regulación de la llanura de inundación y sus márgenes: Consiste en la zonificación de usos del suelo en función de determinados periodos de recurrencia de las inundaciones, para evitar al máximo los daños y al mismo tiempo no poner limitaciones de desagüe al canal. Esta acción se tomará en base a un mapa de riesgos y debe ir acompañada de propuestas para la gestión y desarrollo de medidas de protección en la zona.
- 3° Normas para la previsión y prevención de riesgos: La puesta en marcha y el éxito de un proyecto de planificación depende en su mayor parte de la difusión y aceptación que tenga entre los usuarios del plan, por ello es necesario establecer las bases para una labor paralela de información pública y desarrollo de medidas de prevención en que se aborden los siguientes puntos:
 - Establecer sistemas de predicción meteorológica y de previsión de la magnitud de la avenida en función de las precipitaciones y del registro de caudales aguas arriba.

- Bases para el establecimiento de una normativa de medidas de seguridad y previsión de sistemas de alerta temprana y evacuación.
- Medidas de información y difusión pública entre la población sobre el riesgo existente y las medidas a tomar en caso de avenidas.
- Potenciación de campañas de educación sobre peligros geológicos en todos los niveles educativos, divulgativos del problema, en este caso, de las inundaciones dentro del contexto ambiental y de control de erosión.

Al respecto es importante recordar lo que decía Francis Bacon en 1620, que “para que la naturaleza nos obedezca, antes debemos respetarla”.

6.1 MANEJO DEL PROBLEMA

En función del objetivo de esta evaluación, las alternativas de manejo que a continuación se exponen, están dirigidas esencialmente al manejo de los sectores críticos descritos.

En este Capítulo plantearemos algunas soluciones a los problemas localizados en el área de estudio, teniendo en cuenta que se tienen que proteger las viviendas e infraestructura cercanas al cauce del río Huatanay. Esto no quiere decir que tengamos que analizar las posibilidades de reubicación de estas.

Las medidas que se proponen, están orientados a minimizar los desbordes, erosiones e inundaciones que ocurren en las márgenes del río Vilcanota, así como recomendar medidas para estabilizar su cuenca media y superior. Este último con el propósito de estabilizar las laderas y disminuir sustancialmente el aporte de sedimentos finos y gruesos al cauce del río. En el Anexo 01 se presentan los diagramas recomendados de algunas de las medidas de protección a nivel de cuenca y laderas.

Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones, por su fácil construcción, no necesitan cimentaciones profundas, no requieren mano de obra calificada y resultan más económicas que las que emplean soluciones rígidas o semi rígida (relación vida útil vs. Costo total favorable). En las Figuras 08, 09, 10, 11 y 12 tenemos ejemplos de estas estructuras que pueden ser usadas en las obras de defensa ribereña.

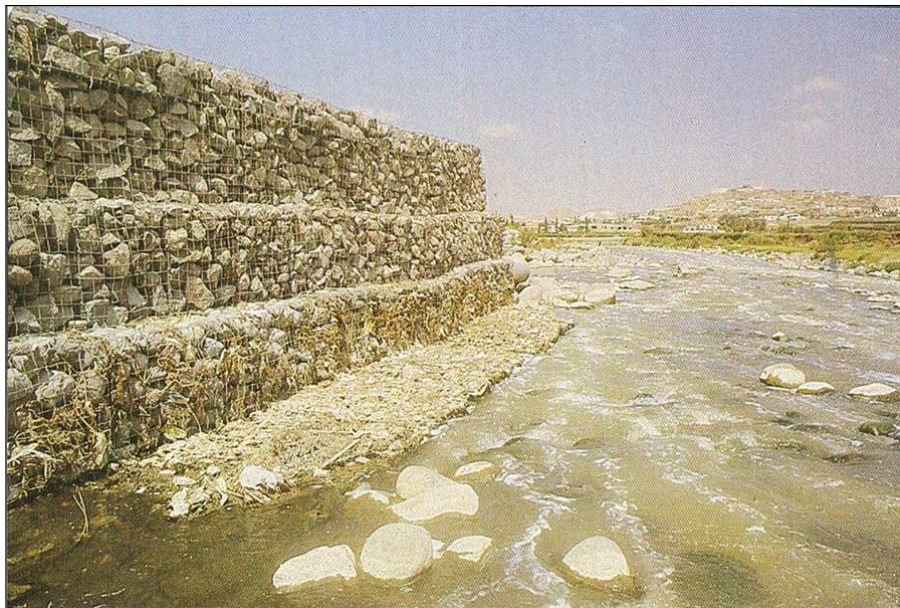


Fig. 08: Gaviones en forma de terrazas.

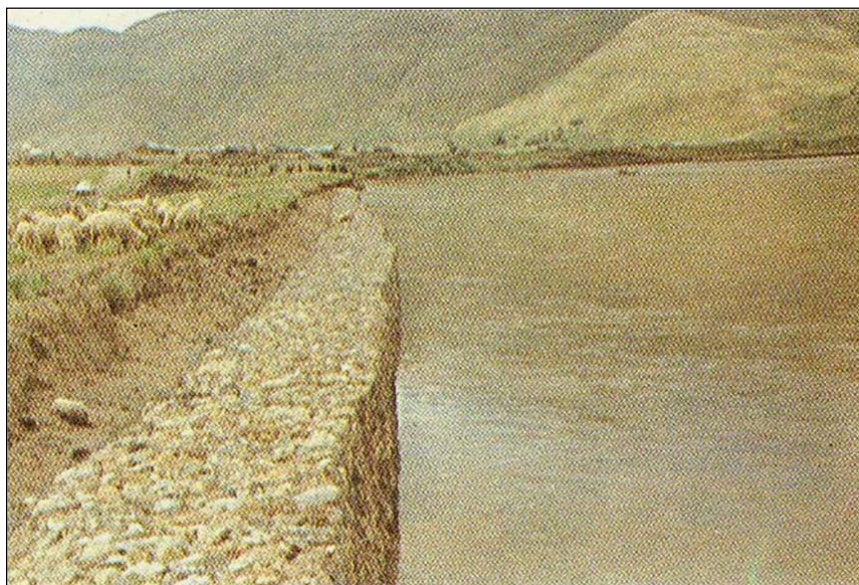


Fig. 09: Ejemplo de muro longitudinal para el encauzamiento del río. (Tomado de PROLANSA).

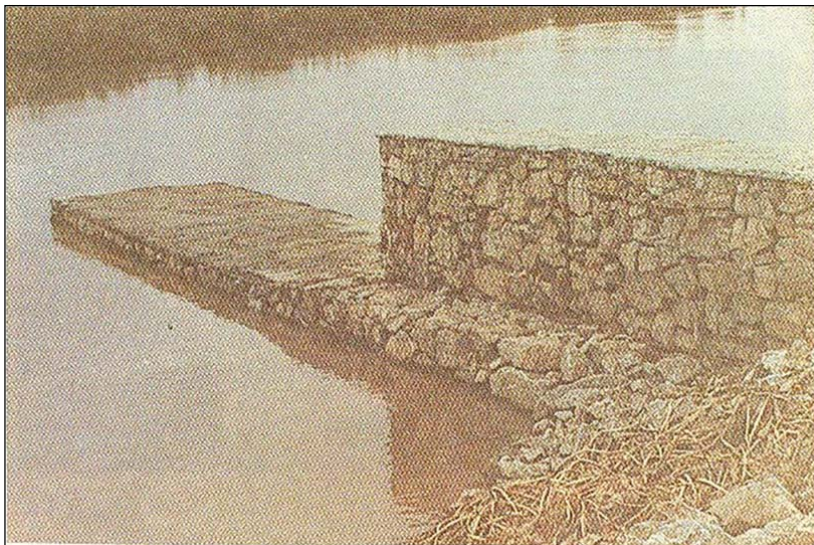


Fig. 10: Espigón típico de río que sirve como disipador de energía en crecida de ríos. (Tomado de PROLANSA).



Fig. 11: Recubrimiento de talud. (Tomado de PROLANSA). (Tomado de PROLANSA).

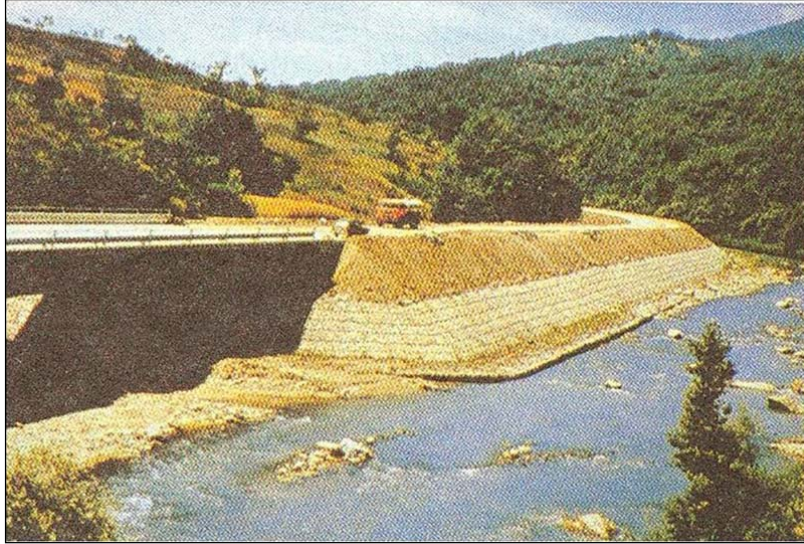


Fig. 12: Combinación de muro longitudinal y protección de estribo de puente. (Tomado de PROLANSA).

6.2 GESTIÓN DE RIESGO LOCAL Y TRABAJO DE SENSIBILIZACIÓN EN LAS COMUNIDADES

En la zona de estudio, principalmente en los centros poblados cercanos al cauce del río Vilcanota, la población deberá ser informadas con material educativo sobre los peligros ocasionados por las avenidas: erosión, desborde e inundación.

Los materiales a utilizar pueden ser los proporcionados por Defensa Civil y otros organismos de prevención de desastres competentes (INGEMMET entre ellos). Es importante mencionar que estos folletos se pueden conseguir en las oficinas del Instituto Nacional de Defensa Civil.

COMITÉ LOCAL DE EMERGENCIA

Es importante incluir en los planes de contingencia, el desarrollar actividades para prevenir los desastres y lograr una pronta atención y rehabilitación de las personas, las instalaciones y los servicios afectados por las erosiones, desbordes e inundaciones.

RECOMENDACIONES PARA LAS AUTORIDADES E INSTITUCIONES REGIONALES Y LOCALES

1. Crear y convocar el Comités Locales de Emergencia.
2. Identificar las zonas de peligro potencial. Este informe, en el tramo evaluado, ha identificado seis (6) sectores críticos.

3. Evaluar el riesgo al que están sometidos los pobladores y los bienes.
4. Desarrollar planes de información y educación a la población local, para la prevención y la atención de desastres.
5. Llevar a cabo planes para la protección y recuperación de la cuenca del río Vilcanota, conjuntamente con las autoridades locales.
6. Si después de estudiar a fondo el problema de una zona de alto riesgo, los estudios técnicos y de viabilidad indican que la mejor alternativa de solución es cambiar de lugar las viviendas, el Municipio debe emprender con el apoyo del Gobierno Regional y Defensa Civil un proyecto de reubicación preventiva de las viviendas.
7. Llevar a cabo planes para la protección y recuperación de la cuenca del río Vilcanota y sub cuencas conformantes.
8. Implementar una normatividad que prohíba las actividades de desmonte en el curso y las riberas del río.
9. Prohibir la construcción sobre obras de defensa ribereña.

CONCLUSIONES

1. Los seis (6) sectores evaluados en el presente estudio, son considerados como **PELIGRO INMINENTE**. Pudiendo ser afectados la población, obras de infraestructura (carreteras, puentes, obras de saneamiento, etc.) y terrenos de cultivo, ya que a la fecha están expuestos a desbordes, inundaciones, erosión fluvial, flujos de detritos (huaycos), caídas de roca, respectivamente.
2. De los seis (6) sectores estudiados, todos fueron afectados por las crecidas del río Vilcanota producto de las fuertes precipitaciones pluviales iniciadas en noviembre del 2010 y que aún no terminan (Abril 2011).

BIBLIOGRAFIA

CARLOTTO V., GIL W., CÁRDENAS J., CHÁVEZ R. & VALLENAS V. (1996).- Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. *Boletín N° 65 Serie A: Carta Geológica Nacional*. (Hojas 27r y 27s). INGEMMET. Lima.

MAROCCO R. (1978).- Estudio Geológico de la Cordillera de Vilcabamba. *Bol. del Instituto de Geología y Minería-4*. 157 p. Lima.

VALDERRAMA P, CARDENAS J.(2006).- Geología, Geodinámica y Peligros en la Quebrada Runtumayo (Cusco): Avalancha y Aluvión del 12 de octubre del 2005. XIII Congreso Peruano de Geología. Lima.

VALDERRAMA P., CARDENAS J., CARLOTTO V.(2007) FLO 2D Simulation in Urubamba and Ollantaytambo Cities, Cusco Peru. *Bol. Sociedad Geológica del Perú* 102: 43-62.

PROLANSA: Manual de diseño, armado, instalación y llenado de gaviones.

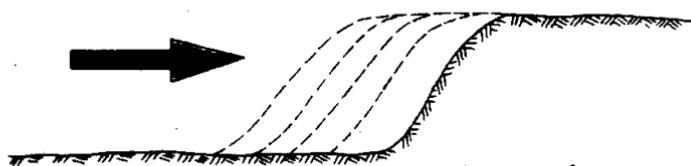
ANEXOS

ANEXO 01: MEDIDAS DE PROTECCIÓN A NIVEL DE CUENCA, LADERA Y VALLE

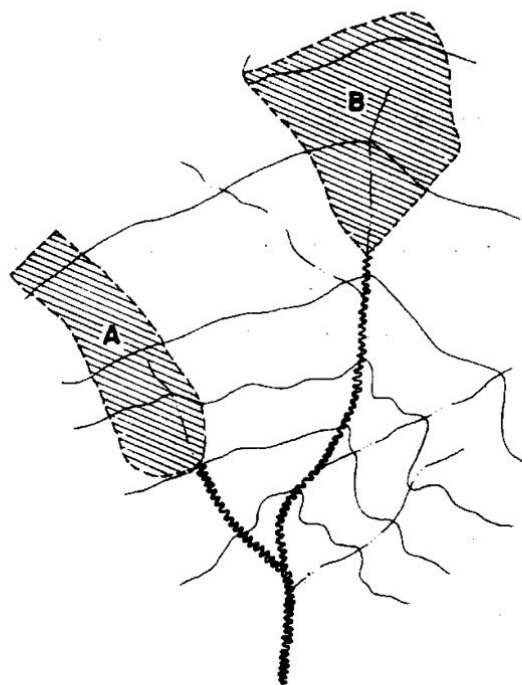
CARCAVAS



Esquema general de sección longitudinal de la cabeza de cárcava

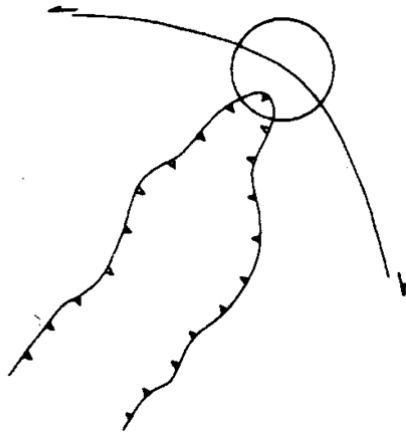


Esquema del avance de la cabeza de cárcava contra la pendiente

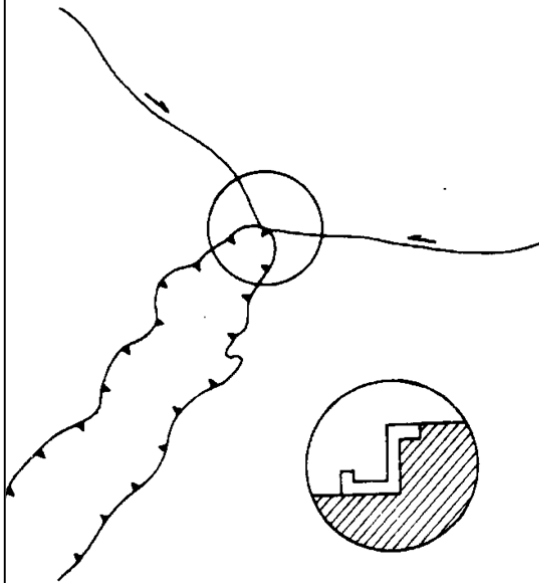
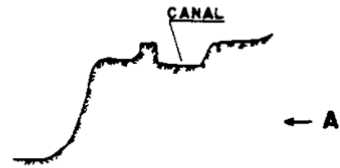


Cuencas de la cabeza de cárcava

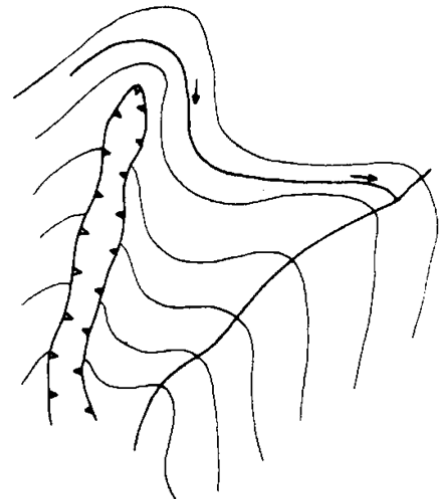
MEDIDAS DE PROTECCION DE LAS CABECERAS DE CARCAVAS Y HUAYCOS



- Canal de desvío que conduce el escurrimiento superficial retenido hacia afuera del inicio de una cárcava.



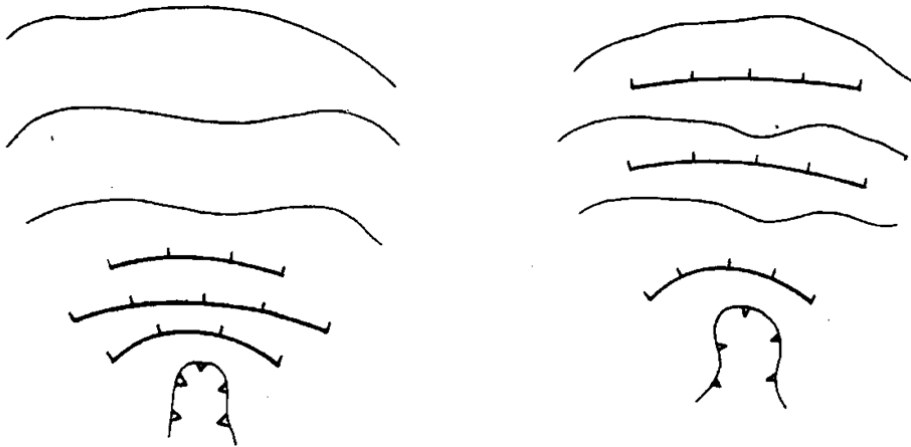
- Canal de desvío que conduce el escurrimiento superficial hacia el frente de la cabeza de cárcava.



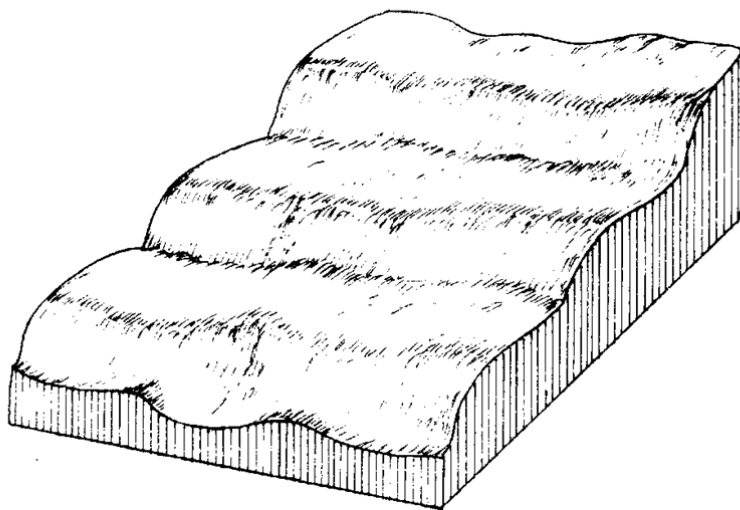
- Canal de desvío que conduce el agua a un desagüe natural.



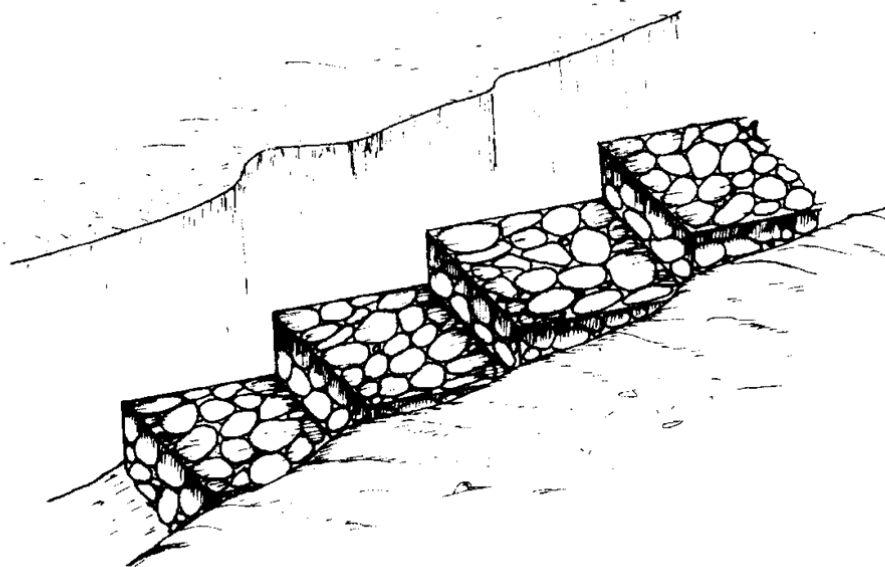
- Vistas en planta y en perfil de los procesos de forestación en las cabeceras y márgenes de áreas inestables.



- Diques o muros de contención a ubicar en la cabecera o inicios de una cárcava o huaycos

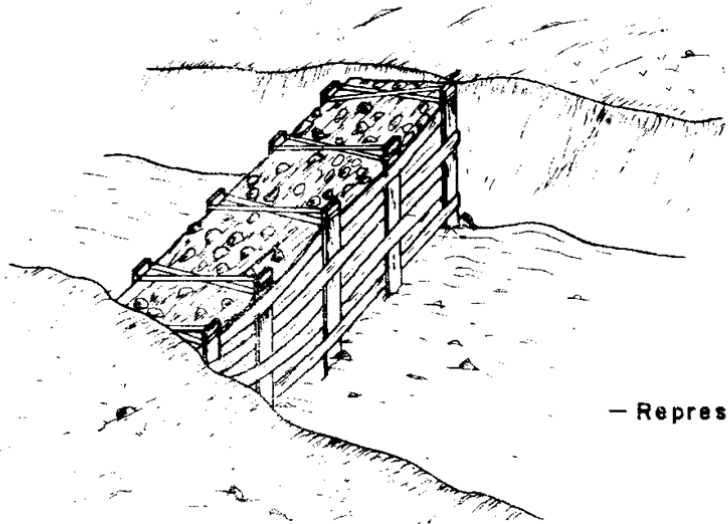


- Escalonamiento de la cabecera o ladera de una área inestable formando terrazetas.



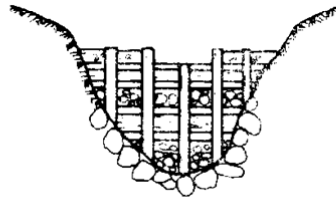
- Protección del lecho de la Qda. con muros escalonados (andenes) utilizando bloques de roca o concreto armado.

TIPOS DE PRESAS ESCALONADAS PARA LA PROTECCION DE FONDO DE CARCAVAS Y HUAYCOS INCIPIENTES

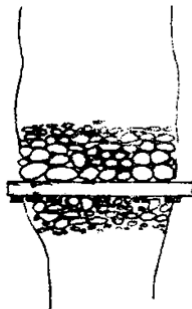


- Represa combinada

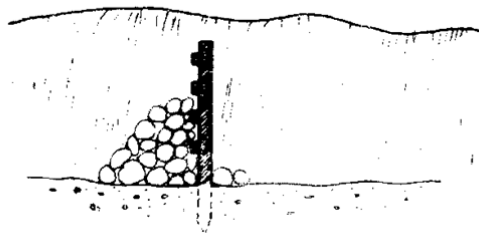
MURO DE RAMAJE Y ROCA



- Vista frontal

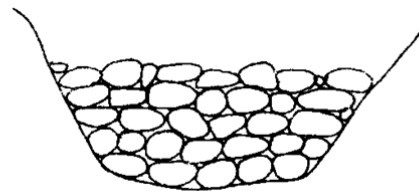


- Vista en planta

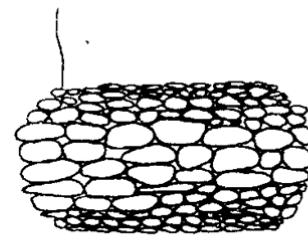


- Vista en perfil

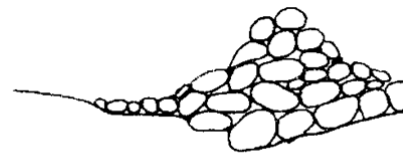
MURO DE ROCA



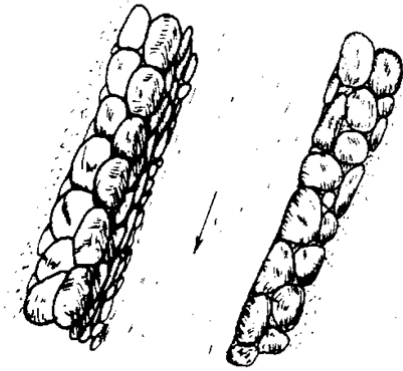
- Vista frontal



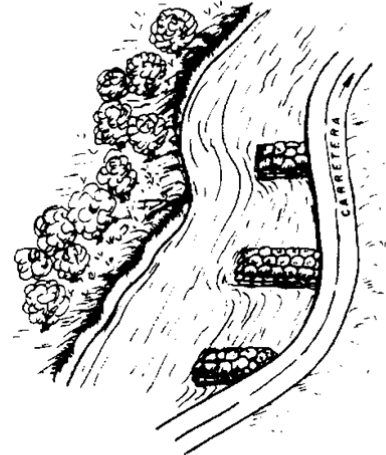
- Vista en planta



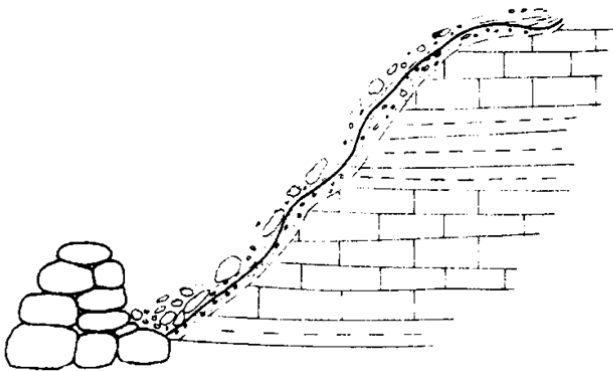
- Vista en perfil



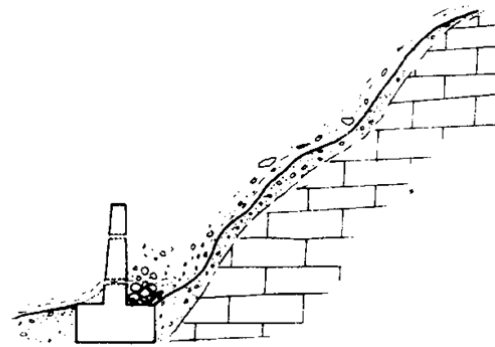
- Protección de las márgenes con enrocados.



- Protección de una margen con espigones.



- Construcción de muros secos al pie del talúd.



- Construcción de muros de cemento cíclopeo o concreto armado.

