

Informe Técnico Nº A6443

# Evaluación del río Huatanay en el tramo Puente Agua Buena y Urbanización Cachimayo

Distrito de San Sebastián  
Región Cusco

POR:  
CARLOS BENAVENTE ESCOBAR  
FABRIZIO DELGADO MADERA  
LIONEL FIDEL SMOLL

ENERO 2011



## CONTENIDO

	Pag.
Lista de Figuras	2
1.0 INTRODUCCIÓN	3
2.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	4
3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS	4
4.0 PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS	5
4.1 REPORTE DE DAÑOS	6
4.2 SECTORES EVALUADOS	6
A) Sector Puente Agua Buena – Av. Pachacamac	6
B) Sector Av. Pachacamac – puente CORPAC	8
C) Sector A.P.V. San Antonio – vía de Evitamiento	10
D) Sector vía de Evitamiento – A.P.V. San Martín de Porres	12
5.0 PREVENCIÓN DE AVENIDAS	14
5.1. MANEJO DEL PROBLEMA	15
5.2. GESTIÓN DE RIESGO LOCAL Y TRABAJO DE SENSIBILIZACIÓN EN LAS COMUNIDADES	17
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19
REFERENCIAS	20
ANEXOS	21

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Imagen oblicua tomada de Google Earth, donde se observa la ciudad del Cusco y el río Huatanay, que discurre de izquierda a derecha. La línea celeste corresponde al tramo evaluado en el presente informe.

Fig. 2: Mapa geológico de la cuenca cuaternaria Cusco, el sector de color gris delimitado con línea negra corresponde a la zona donde aflora la Fm. San Sebastián. (Tomado de Benavente et al., 2009)

Fig. 3: Fotografía mostrando el río Huatanay colmatado, además el sistema de gaviones colapsados en la margen derecha y a la izquierda se aprecia el desmorte que es vertido al río, desmorte que afecta el cauce normal del río.

Fig. 4: En la figura mostramos una comparación entre imágenes Google Earth del 2002 (A) y 2008 (B) del sector Puente Agua Buena – Av. Pachacamac. En estas se observan las variaciones del cauce del río Huatanay debido a las actividades del hombre.

Fig. 5: Erosión lateral del cauce del río Huatanay.

Fig. 6: Lugar donde se ubicaba el puente Corpac, que posteriormente fue levantado por constituir la zona de inicio de desborde del río Huatanay.

Fig. 7: Fotografía mostrando el nivel de río alcanzado, ver flechas rojas en las paredes de las casas. Fotografía tomada del registro fotográfico de la Municipalidad San Sebastián del Cusco.

Fig. 8: Río Huatanay colmatado, se observa en ambas márgenes, el material transportado.

Fig. 9: En la figura se muestra una comparación a partir de imágenes Google Earth del 2002 (A) y 2010 (B) del sector APV. San Antonio. En estas se observan que el cauce del río Huatanay varió de 27 m (2002) a 16 m (2010).

Fig. 10: Observamos casas de hasta 4 pisos construidas sobre obras de defensa ribereña. Estas colapsaron con los eventos de enero.

Fig. 11: Gaviones colapsados y reemplazados temporalmente por costales de arena. Nótese las viviendas afectadas.

Fig. 12: Comparación de imágenes aéreas de Google Earth de los años 2002 (A) y 2008 (B). En estas figuras se pueden ver las variaciones de las dimensiones y de la geometría del río Huatanay.

Fig. 13: Gaviones en forma de terrazas.

Fig. 14: Ejemplo de muro longitudinal para el encauzamiento del río. (Tomado de PROLANSA).

Fig. 15: Espigón típico de río que sirve como dissipador de energía en crecida de ríos. (Tomado de PROLANSA).

Fig. 16: Recubrimiento de talud. (Tomado de PROLANSA). (Tomado de PROLANSA).

Fig. 17: Combinación de muro longitudinal y protección de estribo de puente. (Tomado de PROLANSA).

## “EVALUACIÓN DEL RÍO HUATANAY EN EL TRAMO PUENTE AGUA BUENA Y URBANIZACIÓN CACHIMAYO - DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN, REGIÓN CUSCO”

### 1.0 INTRODUCCIÓN

En el mes de enero del 2010, intensas lluvias se precipitaron sobre la región Cusco, provocando avenidas extraordinarias que ocasionaron erosión, desbordes e inundaciones; siendo el distrito de San Sebastián, de la provincia del Cusco una de las localidades más afectadas. Distrito en donde el río Huatanay, discurre con dirección O-E, atravesando diferentes urbanizaciones (ver Figura 1).

Las avenidas provocaron el incremento del caudal del río y su consiguiente crecimiento de nivel, llegando a ocupar todo su cauce actual, desbordando e inundando áreas aledañas, generando daños en viviendas y colapsos en las obras de defensa ribereña. Afecto principalmente áreas donde se ha alterado el cauce del río: como en los sectores Agua Buena y Urb. Santa Rosa de la Guardia Civil.

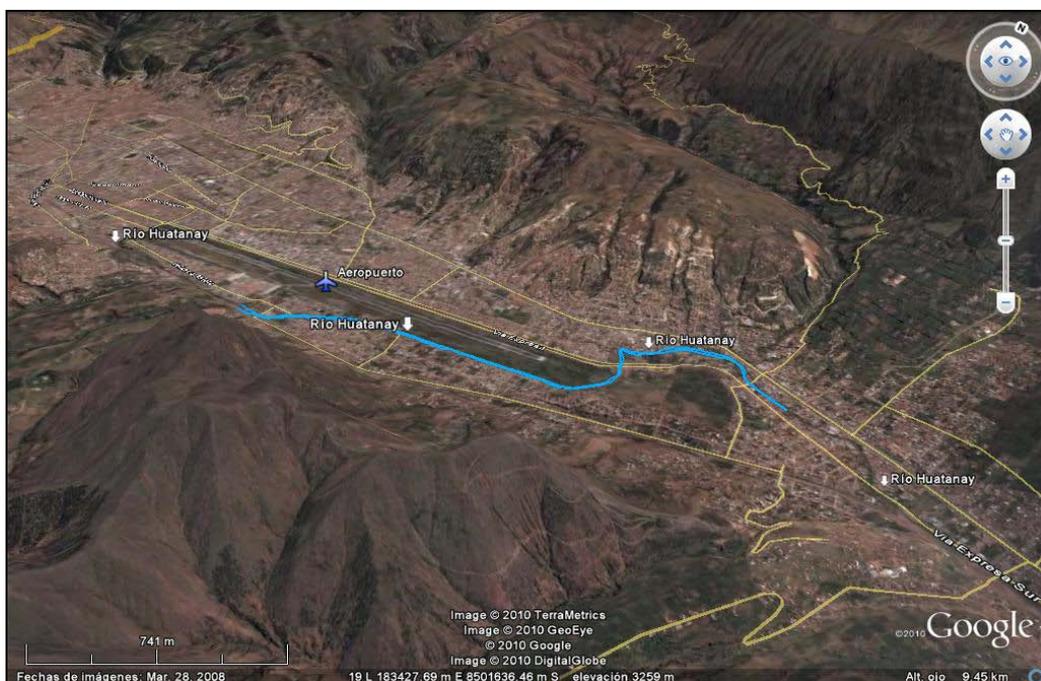


Figura 1: Imagen oblicua tomada de Google Earth, donde se observa la ciudad del Cusco y el río Huatanay, que discurre de izquierda a derecha. La línea celeste corresponde al tramo evaluado en el presente informe.

Con Oficio N°239-2010-A-MDSS, la Municipalidad Distrital de San Sebastián, provincia del Cusco, región Cusco, solicita la evaluación del riesgo Geológico en el área de su jurisdicción.

Atendiendo a la solicitud, INGEMMET por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, comisiona a los profesionales Carlos Benavente y Fabrizio Delgado a realizar la evaluación solicitada. Los trabajos de campo se realizaron entre los días 4 y 5 de diciembre, previa coordinación con los Sres. Arsenio Orduña de la Municipalidad Distrital de San Sebastián y Sr. Paúl Méndez del INDECI-Cusco.

El distrito de San Sebastián se ubica a sureste de la ciudad del Cusco, a 3,290 msnm. Cuenta con aproximadamente 75,000 habitantes.

El presente informe contiene documentación obtenida de campo sobre la evaluación de los daños ocasionados por el río Huatanay entre los meses de enero y marzo de 2010, fechas en donde se registraron lluvias excepcionales.

## **2.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

La ciudad del Cusco se emplaza en el piso de **valle** de la sub cuenca del río Huatanay, ocupando casi toda su extensión. La sub cuenca, de forma alargada y dirección NO-SE, tiene forma irregular, con una longitud aproximada de 25 km y drenaje dendrítico – paralelo. Las principales micro cuencas que derivan sus aguas al río Huatanay por la margen derecha, son las que corresponden a la quebradas Marashuayco y Tankarpata; y por la margen izquierda la quebrada Huacoto.

El río Huatanay, es nombrado a partir de la confluencia de los ríos Saphy y Huancaro, al oeste de la zona de estudio y discurre con dirección O-E hasta la zona de El Mamelón, donde cambia de dirección (S-N).

Alrededor de la cuenca, se ubican **montañas** como Pachatusan ubicadas al NE de la ciudad del Cusco, estas constituyen el Divortium Acuarium entre las cuencas de los ríos Vilcanota hacia el NE y Huatanay hacia el SO, además constituyen parte del anticlinal del Vilcanota. Las montañas de Picchu que se ubican al NO de la ciudad del Cusco, limitan las cuencas de los ríos Izcuchaca y Huatanay. Las montañas de Vilcaonga ubicadas a SO de la sub-cuenca del río Huatanay y las montañas de Rumicolca, que constituyen montañas menos elevadas y más jóvenes que limitan el lado SE de la cuenca Huatanay.

Además se reconocen **mesetas**, que son superficies ubicadas entre las montañas y la sub-cuenca del Huatanay, entre las que tenemos, la meseta de Sacsayhuaman ubica al NO de la ciudad del Cusco y la meseta de Huacoto ubicada al NE de la ciudad del Cusco.

## **3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS**

La ciudad del Cusco se asienta sobre sedimentos finos compuestos por limoarcillitas, lutitas, arenas finas a gruesas; diatomitas y gravas de aproximadamente 100 m de espesor, a esta secuencia o sucesión de estratos se le denomina Formación San Sebastián. Estos depósitos finos se encuentran en las laderas de la cuenca, siendo características la formación de cárcavas en ella. Ver Figura 2.

En la cuenca alta afloran rocas cretácicas, paleógenas y neógenas, deformadas y fracturadas producto de los procesos que dieron lugar al levantamiento de los Andes. Además afloran en la parte norte de la cuenca, rocas volcánicas cuaternarias denominadas como la Fm. Rumicolca, que consisten en andesitas que se encuentran alineadas a fallas regionales con una dirección NO-SE.

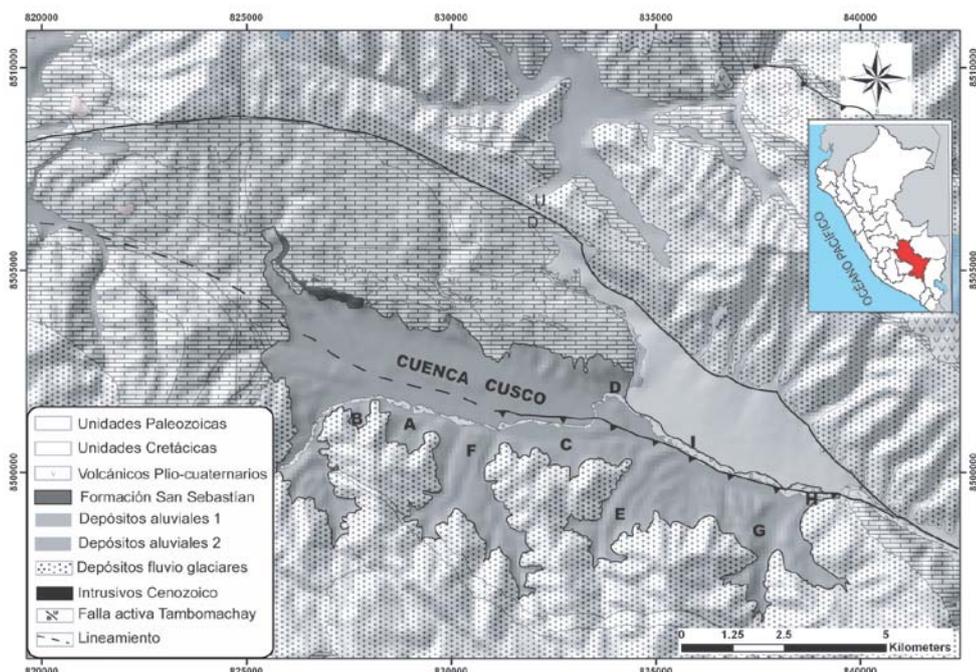


Fig. 2: Mapa geológico de la cuenca cuaternaria Cusco, el sector de color gris delimitado con línea negra corresponde a la zona donde aflora la Fm. San Sebastián. (Tomado de Benavente et al., 2009)

#### 4.0 PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS

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 almacenamiento 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 Huatanay. Teniendo en cuenta, que con el “cambio climático”, la tendencia de producirse lluvias excepcionales se incrementa.

#### 4.1 REPORTE DE DAÑOS

A continuación presentamos parte del reporte realizado por el Presidente del Comité de Defensa Civil de la región Cusco en los días de la emergencia:

- Desde la zona de Agua Buena, que por su configuración geográfica, presenta quebradas muy pronunciadas, se asentaron muchas viviendas, tanto en la cima como al pie de los taludes, las mismas que se ubican en sectores de protección ambiental y no apta para edificaciones dadas que estos sectores están sometidas a erosiones y deslizamientos. Es así en el sector de Vallecito de la A.P.V. Santa Rosa Alto, un talud se deslizo sobre una vivienda, lamentablemente causo el fallecimiento de dos personas. En las A.P.V. Tres Cruces, La Quebrada, Mirador Santa Rosa de Lima, San Miguel II, San Gabriel, Los Salvadores, Sol de Oro, se dieron deslizamientos e inundaciones.
- En el sector que involucra la Av. Pachacamac hasta la vía de Evitamiento, el alto caudal del río Huatanay genero desbordes y consiguientemente erosiones laterales, colapsando gaviones de ambas márgenes, la misma que causaron inundaciones en las viviendas que se ubican en la rivera.
- Además a partir del puente CORPAC ubicado entre el aeropuerto y la A.P.V. Surihuaylla Grande, el río se desbordo debido a la colmatación con basura, troncos y calaminas, causando la inundación de muchas edificaciones y el colapso inmediato.
- En las urbanizaciones de San Antonio, A.P.V. Las Joyas, Munay, Los Manantiales, Naciones Unidas, Moyopata, San Martín de Porres, Santa Rosa de la Guardia Civil, colapsaron las protecciones ribereñas, a su vez las edificaciones que se ubican en ambas márgenes al borde del río sin respetar la faja marginal, fueron arrasadas e inundadas.

#### 4.2 SECTORES EVALUADOS

Durante los trabajos de campo realizados desde el puente Agua Buena hasta la urbanización Cachimayo identificamos 4 zonas críticas (ver mapa en Anexos), las que describimos a continuación.

- A) Sector Puente Agua Buena – Av. Pachacamac;** En este sector se observo, que parte de las obras de defensa ribereña de la margen derecha del río Huatanay colapsaron, debido a que el canal del río se hace más angosto. Este fenómeno se debe a que entre la margen izquierda del río y el puente Agua Buena se ubica en una zona de desmonte de tierra y agregados de construcción, los cuales obstruyen el cauce normal del río (Figura 3). Además se pudo observar la colmatación del cauce en este sector.



Fig. 3: Fotografía mostrando el río Huatanay colmatado, además el sistema de gaviones colapsados en la margen derecha y a la izquierda se aprecia el desmonte que es vertido al río, desmonte que afecta el cauce normal del río.

Utilizando imágenes históricas de Google Earth de los años 2002 y 2008, se puede verificar la variación progresiva del curso del río por causas antes mencionadas. En la Figura 4, mostramos en el círculo amarillo 1, como fue la variación de la margen izquierda debido a las actividades antrópicas (acción del hombre), en estas figuras vemos que el año 2002 (Figura. 4A) había 24 m de un punto de referencia al canal de río. Para el 2008 (Figura 4B) desde este mismo punto de referencia hay una distancia de 33 m. al canal del río.

En el círculo amarillo 2, se puede observar claramente como fue modificado el cauce del río (ver flechas celestes) por actividades antrópicas con la finalidad de expandir el terreno.

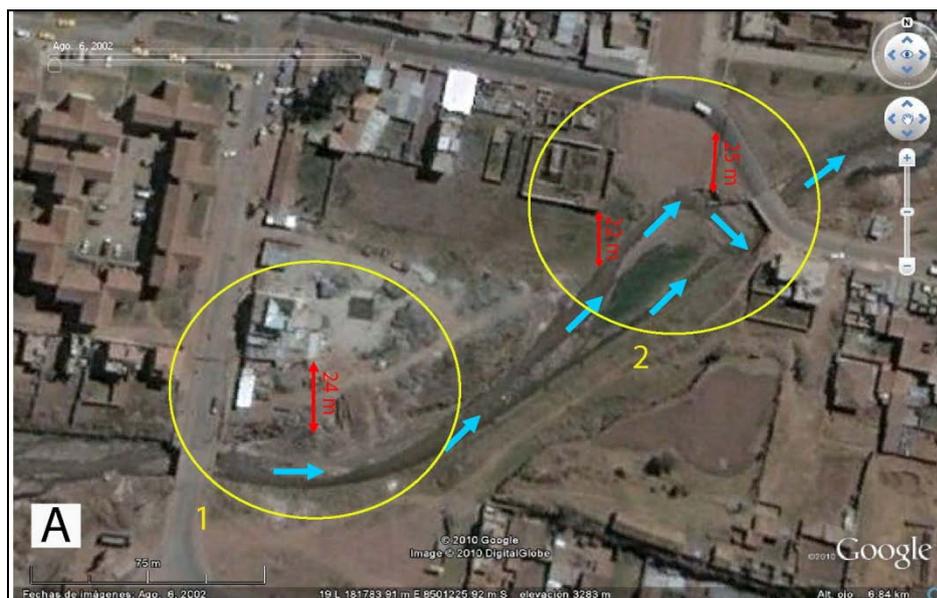


Fig. 4: En la figura mostramos una comparación entre imágenes Google Earth del 2002 (A) y 2008 (B) del sector Puente Agua Buena – Av. Pachacamac. En estas se observan las variaciones del cauce del río Huatanay debido a las actividades del hombre.

B) **Sector Av. Pachacamac – puente CORPAC;** Este sector (ver anexos) fue afectado mayormente por erosión lateral. Los muros de contención y gaviones colocados en el sector, ayudaron a proteger la margen derecha del río (Figura 5). Al final de este sector (Av. Paracas), el río se desbordó debido a la colmatación del cauce y la presencia de un puente angosto y muy bajo (Puente Corpac) que obstruyó el paso libre del río (Figura 6), desbordándose e inundando varias urbanizaciones (Figura 7).



Fig. 5: Erosión lateral del cauce del río Huatanay.



Fig. 6: Lugar donde se ubicaba el puente CORPAC, que posteriormente fue levantado por constituir la zona de inicio de desborde del río Huatanay.



Fig. 7: Fotografía mostrando el nivel de río alcanzado, ver flechas rojas en las paredes de las casas. Fotografía tomada del registro fotográfico de la Municipalidad San Sebastián del Cusco.

En el último tramo de este sector (contiguo a la A.P.V. Fedetac) las aguas también se desbordaron socavando y arrastrando parte de la plataforma de la carretera. Así mismo estas aguas se desbordaron hacia la zona del Mamelón, inundando las viviendas de las A.P.Vs. Alto Misti, Quispiquilla y otros.

C) **Sector A.P.V. San Antonio – vía de Evitamiento;** Constituye el tramo más extenso del área de estudio, donde a lo largo de este podemos observar áreas sujetas a inundaciones y evidencias de erosión lateral, todo esto afectando viviendas (ver anexos). En ambas márgenes del río se observan grandes cantidades de material transportado por las aguas del río (Fig. 8).

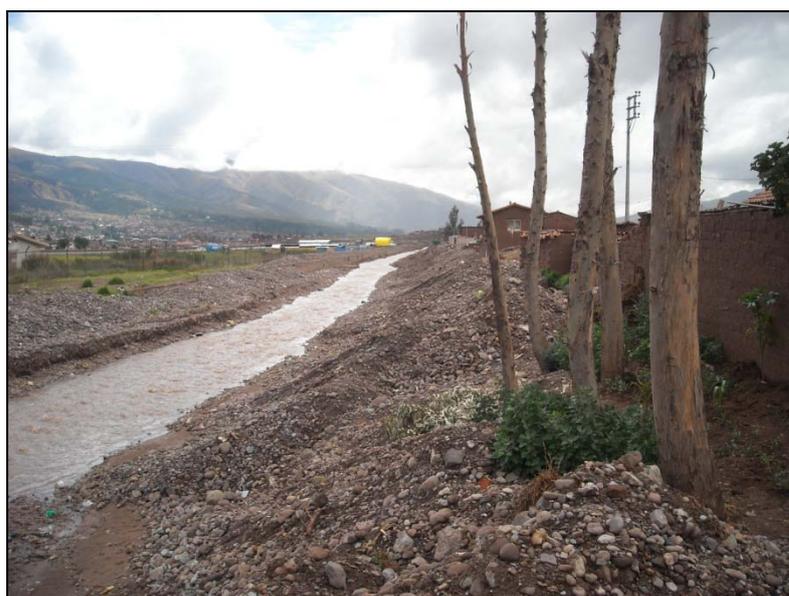


Fig. 8: Río Huatanay colmatado, se observa en ambas márgenes, el material transportado.

A la altura del A.P.V. Fedetac el río Huatanay cambia de dirección de E-O a N-S. En este quiebre el río se retomó su cauce, generando erosión lateral en ambas márgenes.

A lo largo de todo este tramo, se pueden observar que el cauce del río sufrió "cambios" (dirección y dimensiones), retomando su cauce y afectando las urbanizaciones y obras realizadas.

La Figura 9 muestra la variación del curso del río en los últimos 7 años, análisis realizado a partir de dos imágenes satelitales (2002 y 2010), las fechas celestes indican el sentido del río.



Fig. 9: En la figura se muestra una comparación a partir de imágenes Google Earth del 2002 (A) y 2010 (B) del sector APV. San Antonio. En estas se observan que el cauce del río Huatanay varió de 27 m (2002) a 16 m (2010).

**D) Sector vía de Evitamiento – A.P.V. San Martín de Porres;** A la altura del A.P.V. Alto Misti, el río Huatanay, recupera su dirección a E-O y mantiene esta, hasta la Urbanización Cachimayo. Este cambio brusco de la dirección del río fue motivo para su desborde llegando a inundar el A.P.V. Alto Misti, además de generar erosión lateral del cauce del río.

Este fenómeno hizo colapsar muros de contenciones y gaviones, que, en muchos casos, fueron utilizados por la población como cimientos de sus casas (Figuras 10 y 11).



Fig. 10: Observamos casas de hasta 4 pisos construidas sobre obras de defensa ribereña. Estas colapsaron con los eventos de enero.



Fig. 11: Gaviones colapsados y reemplazados temporalmente por costales de arena. Nótese las viviendas afectadas.

Asimismo, comparando imágenes satelitales de los años 2002 a 2008 tomadas de Google Earth, podemos comprobar que la actividad del hombre altero el cauce del río, siendo este el principal factor para que se generen los desbordes, inundaciones y las erosiones laterales. En la Figura 12 A (2002) y B (2008), se muestra en el círculo 1, que el cauce del río en el 2002 tenía 27 m, mientras que en el 2008 en este mismo sector el cauce se redujo a 13 m. En el círculo amarillo 2 se observa de igual manera una variación de 35 m a 17 m, además en el primer sector (círculo 1) el río cambio de geometría para el 2008 por actividades antrópicas (Fig. 12B), ver las líneas celestes que nos indican el sentido del río.



Fig. 12: Comparación de imágenes aéreas de Google Earth de los años 2002 (A) y 2008 (B). En estas figuras se pueden ver las variaciones de las dimensiones y de la geometría del río Huatanay.

## **5.0 PREVENCIÓN DE AVENIDAS**

Los ríos tienen su fondo de valle cubierto por depósitos fluviales (gravas, cantos, arenas). Estos son materiales de tránsito, que son retrabajados 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 contribuyan 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".

## **5.1 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. (Ver mapa en anexos).

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 Huatanay, 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 02 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 13, 14, 15, 16 y 17 tenemos ejemplos de estas estructuras que pueden ser usadas en las obras de defensa ribereña.

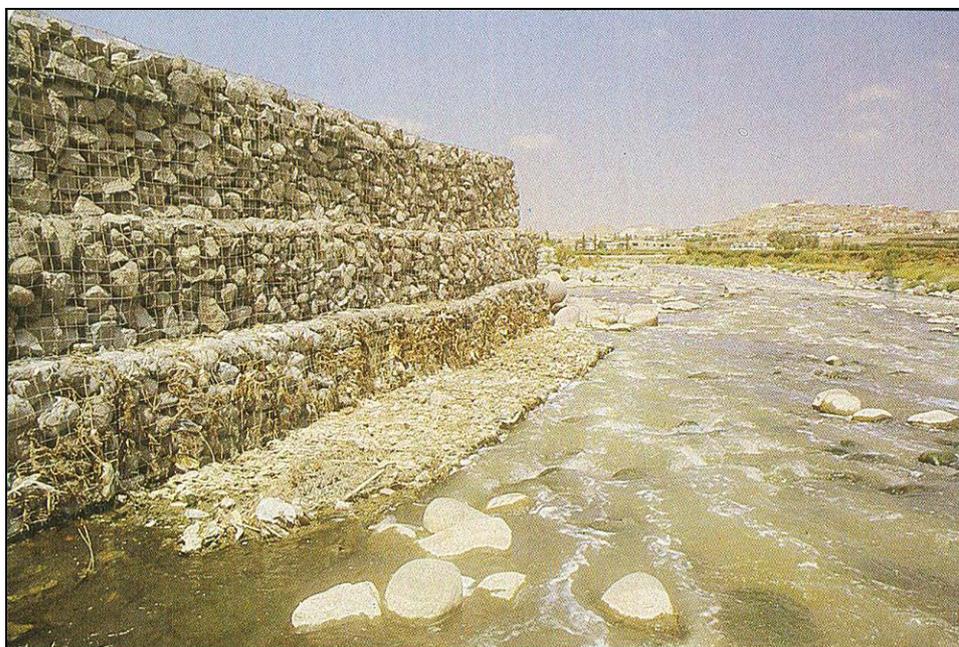


Fig. 13: Gaviones en forma de terrazas.

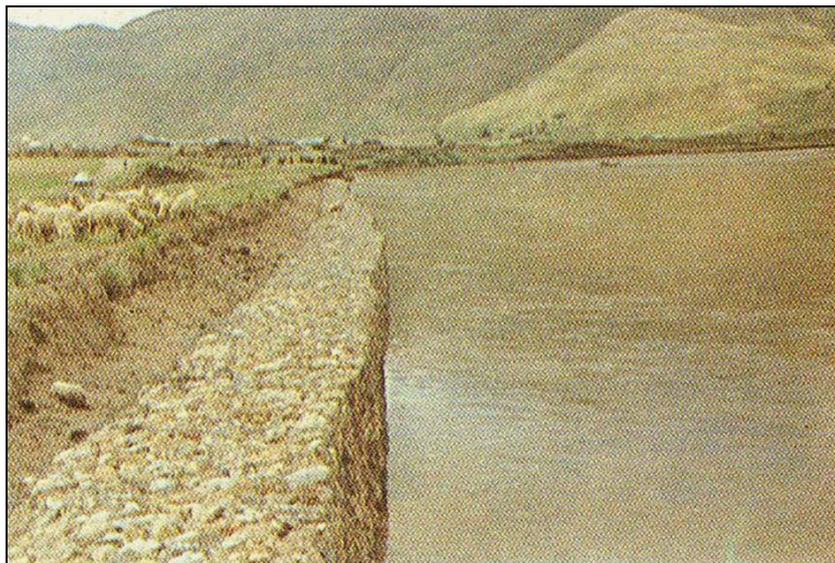


Fig. 14: Ejemplo de muro longitudinal para el encauzamiento del río. (Tomado de PROLANSA).

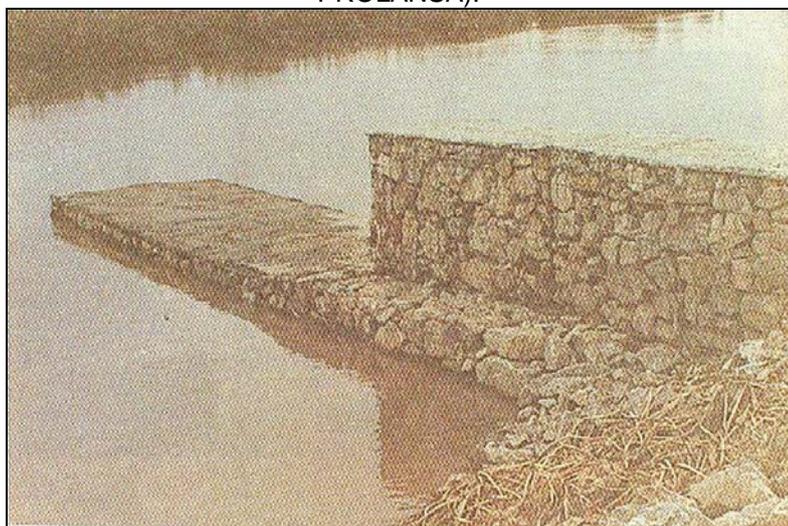


Fig. 15: Espigón típico de río que sirve como disipador de energía en crecida de ríos. (Tomado de PROLANSA).



Fig. 16: Recubrimiento de talud. (Tomado de PROLANSA). (Tomado de PROLANSA).

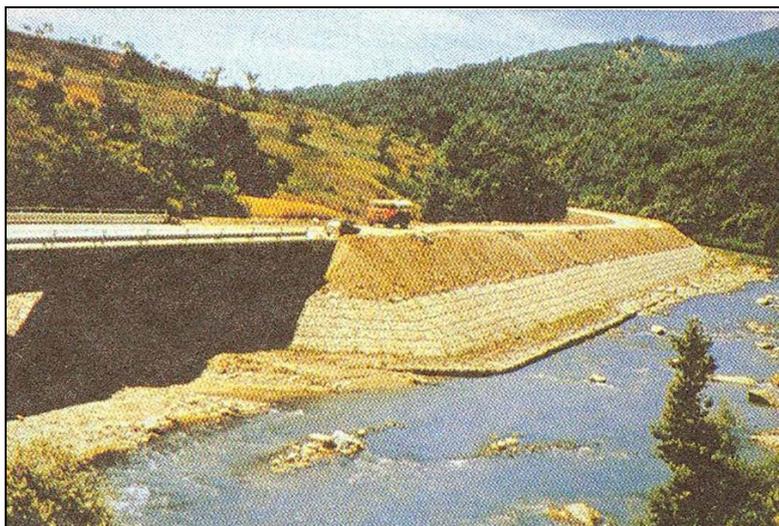


Fig. 17: Combinación de muro longitudinal y protección de estribo de puente.  
(Tomado de PROLANSA).

## **5.2 GESTIÓN DE RIESGO LOCAL Y TRABAJO DE SENSIBILIZACIÓN EN LAS COMUNIDADES**

En la zona de estudio, principalmente en las urbanizaciones cercanas al cauce del río Huatanay, la población deberá ser informada 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**

1. Crear y convocar el Comité Local de Emergencia.
2. Identificar las zonas de peligro potencial. Este informe ha identificado cuatro 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 Huatanay, 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. De igual forma, hacer lo posible que el municipio, gobierno regional con el apoyo de los manejadores del Aeropuerto Velasco Astete del Cusco, se ejecute las obras civiles recomendadas.
8. Llevar a cabo planes para la protección y recuperación de la subcuenca del río Huatanay y micro cuencas conformantes.
9. Implementar una normatividad que prohíba las actividades de desmonte en el curso y las riberas del río.
10. Prohibir la construcción sobre obras de defensa ribereña.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1) El río Huatanay discurre por la ladera sur de la cuenca del Cusco, con una dirección de O-E y se encuentra cortando depósitos poco resistentes mayormente arcillosos, limoarcillosos y arenosos de la Formación San Sebastián (Cuaternario). Estos depósitos finos se pueden observar a lo largo de toda la depresión, que son testimonio de la existencia de un antiguo lago.
- 2) De los resultados de las investigaciones realizadas y el análisis de la información obtenida a nivel de campo, en las zonas aledañas al río Huatanay comprendidas entre el puente Agua Buena y la urbanización Cachimayo (distrito de San Sebastián, provincia del Cusco); se han identificado cuatro sectores **en peligro inminente** que requieren una serie de medidas de estabilización y protección contra la erosión de las riberas del río.
- 3) De lo anterior, los cuatro (4) sectores en peligro inminente son:
  - **Entre el puente Agua Buena y la Av. Pachacamac;** donde se observaron que las dimensiones del cauce del río fueron reducidas por la actividad del hombre, lo que hizo que las obras de defensa ribereña colapsen. Se recomienda limpiar el cauce del río hasta recuperar su estado original y completar con obras flexibles como gaviones los tramos que aun faltan, con la finalidad de disminuir los daños en la infraestructura con las próximas lluvias.
  - **Desde Av. Pachacamac hasta puente CORPAC;** en este se pudo observar que la margen derecha del río Huatanay es la más afectada por la erosión. Por consiguiente recomendamos la construcción de obras flexibles como gaviones, donde la altura de los gaviones tengan que ser de acuerdo al nivel del río en dicho tramo.
  - **Entre el puente CORPAC hasta la vía de evitamiento;** fue una de las zonas más afectadas, primero por la fuerte erosión de ambas márgenes a lo largo de todo este tramo, por el desborde del río Huatanay y la consecuente inundación de urbanizaciones y asociaciones de viviendas. Estos procesos causaron el desplome de muchas de las viviendas aledañas al cauce del río. Por consiguiente recomendamos iniciar trabajos de limpieza del cauce de río ya que se encuentra colmatado, además se debe de realizar trabajos que permitan recuperar el cauce normal del río, el que fue alterado por la actividad del hombre, y finalmente se deben de iniciar trabajos de defensa ribereña a lo largo de todo el tramo.
  - **Entre la vía de evitamiento hasta A.P.V. San Martín de Porres;** donde en un primer tramo las márgenes del río Huatanay fueron fuertemente afectadas por erosión lateral, debido a la ausencia de obras de defensa ribereña. Este tramo desprotegido sirvió para desestabilizar los muros de contención y gaviones construidos aguas abajo, llegando a colapsar estos junto con casas que se constituían por encima de estas obras de defensa ribereña como parte de su cimentación. Por consiguiente se debe de prohibir la construcción de casas sobre obras de defensa ribereña.
- 4) En estos sectores, se debe iniciar trabajos de defensa ribereña, obras que permitan disminuir la vulnerabilidad de la población ante posibles avenidas producto de precipitaciones excepcionales, como las sucedidas en los meses de enero y febrero del 2010.

- 5) Para la concepción de las obras de ingeniería, se debe tener en cuenta los puntos consignados en el capítulo 5. Teniendo en cuenta, que el cauce del río Huatanay sufrió variaciones por actividades antrópicas. Finalmente se debe prohibir a los pobladores que construyan sus casas sobre las obras de defensa ribereña, a fin de evitar el desplome de estas, como lo sucedido en los sectores 3 y 4 (ver figuras 10 y 11).

## **REFERENCIAS**

Anci R. Castañeda (2010). Información de daños y efectos ocasionados por la temporada de lluvias en el Distrito de San Sebastián. Informe técnico.

Benavente C., Cárdenas J., Concha R., García B. & Morales M. (2010). Evidencias de paleosismos en la estratigrafía de la cuenca cuaternaria Cusco, Perú. XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos, 5 p. Sociedad Geológica del Perú.

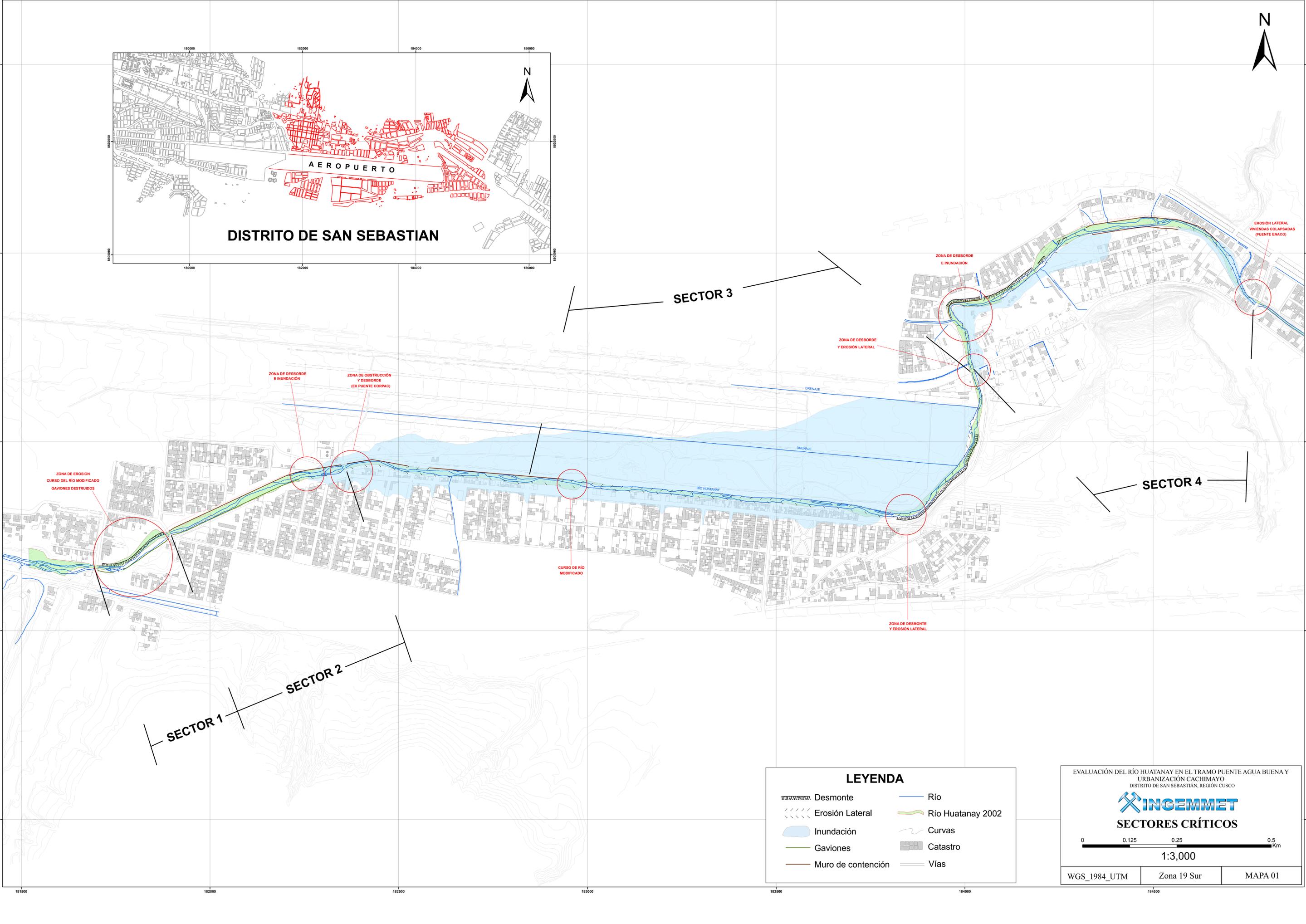
IGME – Instituto Geológico y Minero de España (1985), Geología y Prevención de daños por inundaciones. ISBN 84-7474-324-9. 421 p

Municipalidad Distrital de San Sebastián (2010). Antecedentes históricos sobre emergencia del mes de enero producto de las lluvias excepcionales del presente año. Informe técnico-INDECI.

Ramos H. (2010). Informe de trabajos de emergencia – zona 4, San Sebastián. Informe Técnico, Municipalidad Distrital de San Sebastián.

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

# **ANEXOS**



**LEYENDA**

	Desmorte		Río
	Erosión Lateral		Río Huatanay 2002
	Inundación		Curvas
	Gaviones		Catastro
	Muro de contención		Vías

EVALUACIÓN DEL RÍO HUATANAY EN EL TRAMO PUENTE AGUA BUENA Y URBANIZACIÓN CACHIMAYO DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN, REGIÓN CUSCO

**INGEMMET**

**SECTORES CRÍTICOS**

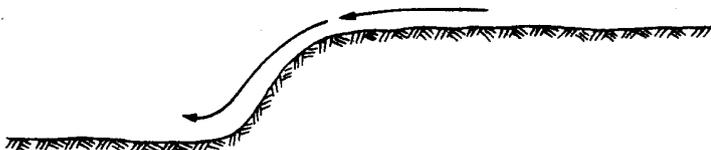
0 0.125 0.25 0.5 Km

1:3,000

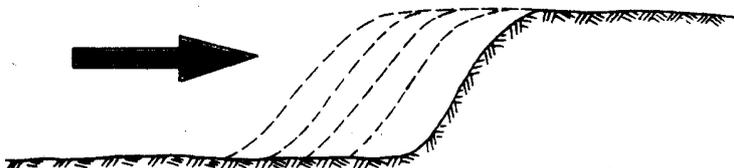
WGS\_1984\_UTM      Zona 19 Sur      MAPA 01

## **ANEXO 02: MEDIDAS DE PROTECCIÓN A NIVEL DE CUENCA, LADERA Y VALLE**

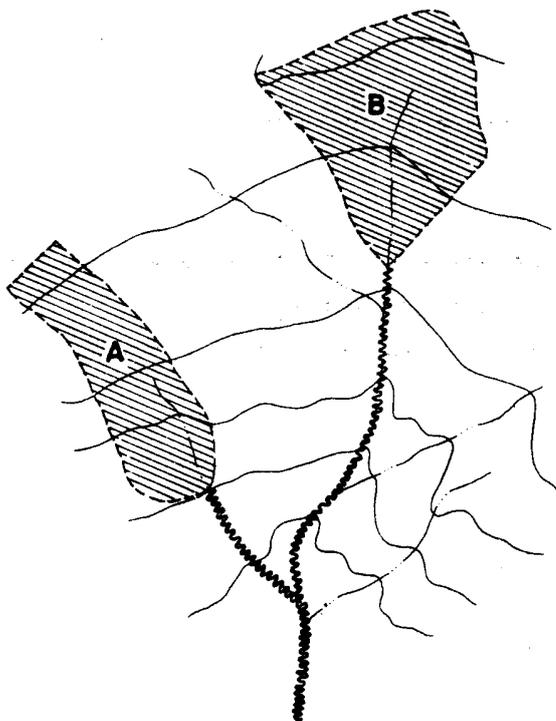
## CARCAVAS



Esquema general de sección longitudinal de la cabeza de cárcava

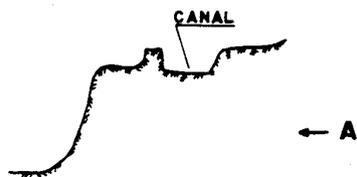
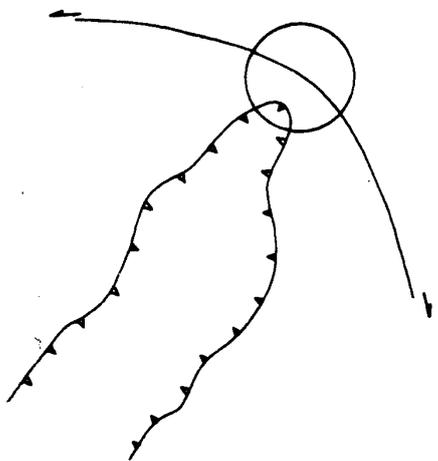


Esquema del avance de la cabeza de cárcava contra la pendiente

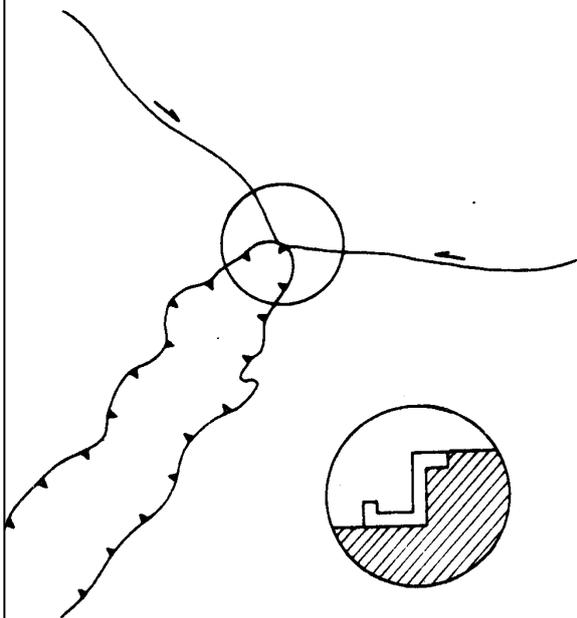


Cuencas de la cabeza de cárcava

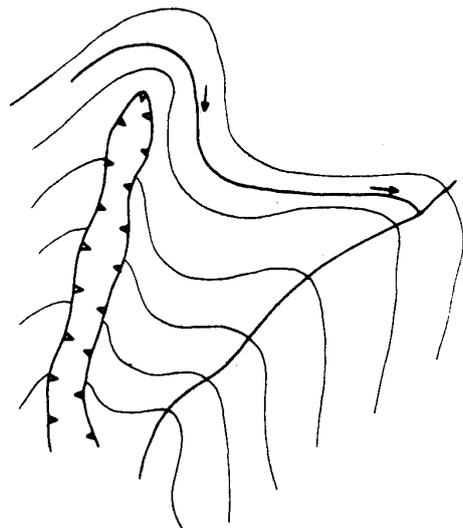
**MEDIDAS DE PROTECCION DE LAS CABECERAS DE CARCAVAS Y HUAYCOS**



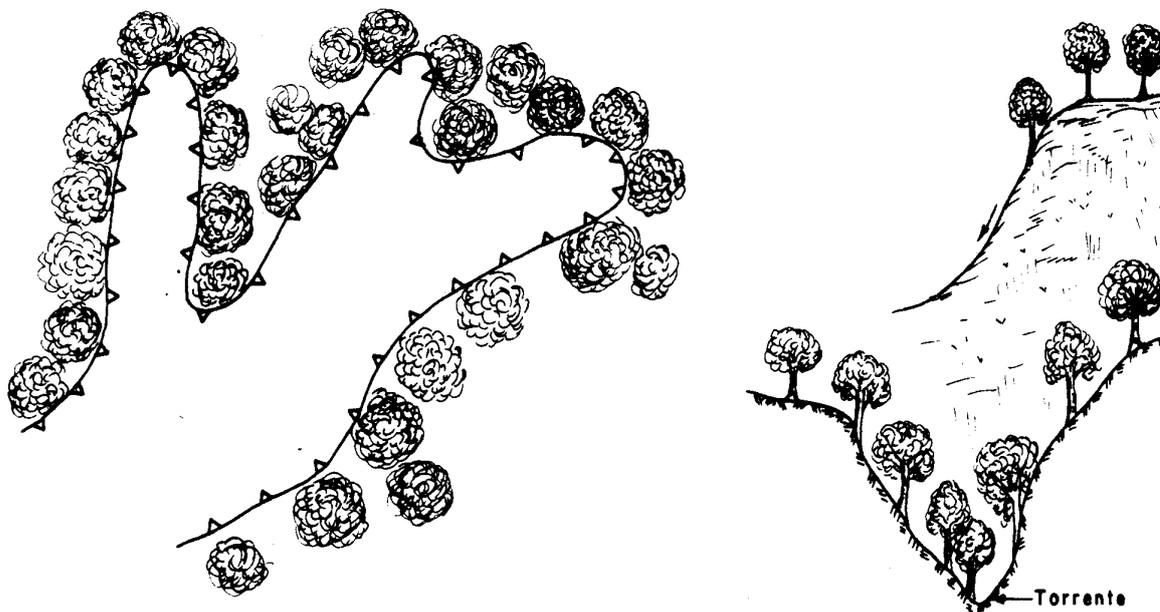
- Canal de desvío que conduce el escurrimiento superficial retenido hacia afuera del inicio de una cárcava.



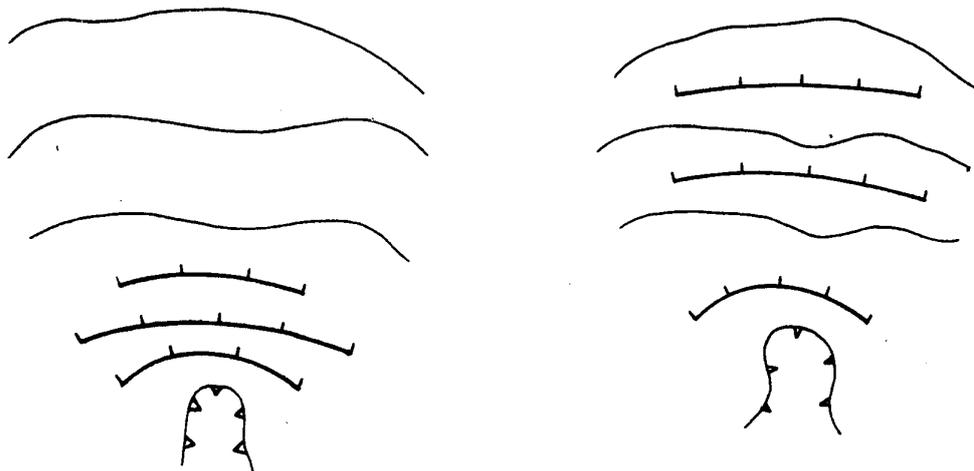
- Canal de desvío que conduce el escurrimiento superficial hacia el frente de la cabeza de cárcava.



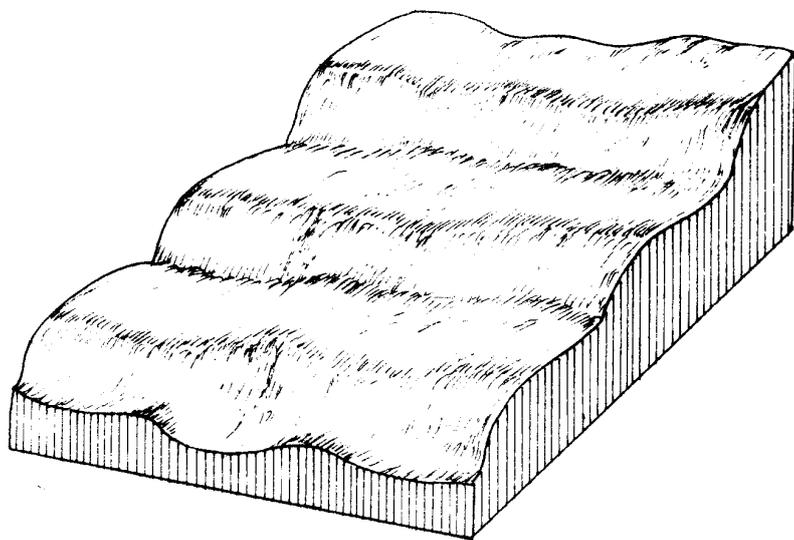
- Canal de desvío que conduce el agua a un desagüe natural.



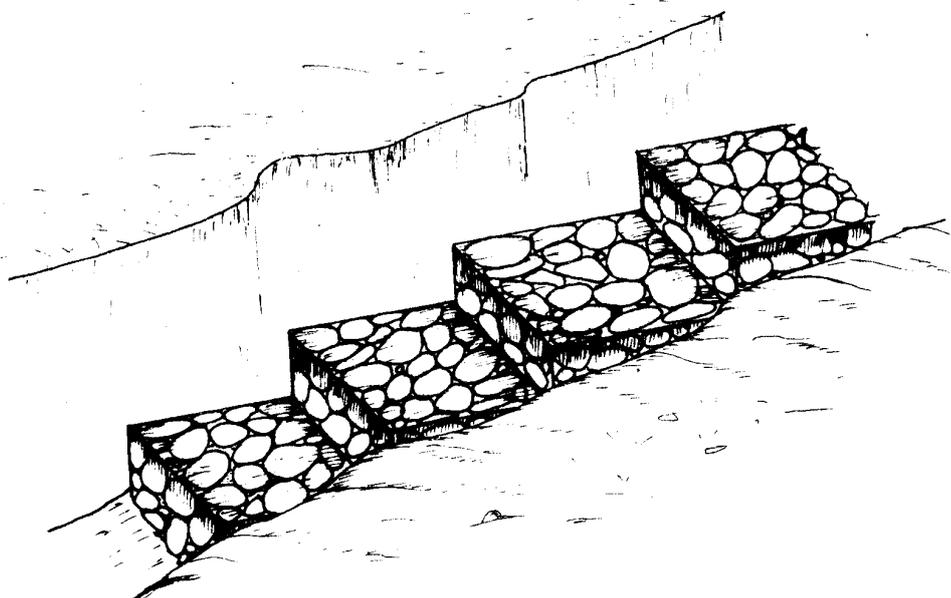
- Vistas en planta y en perfil de los procesos de forestación en las cabeceras y márgenes de áreas inestables.



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

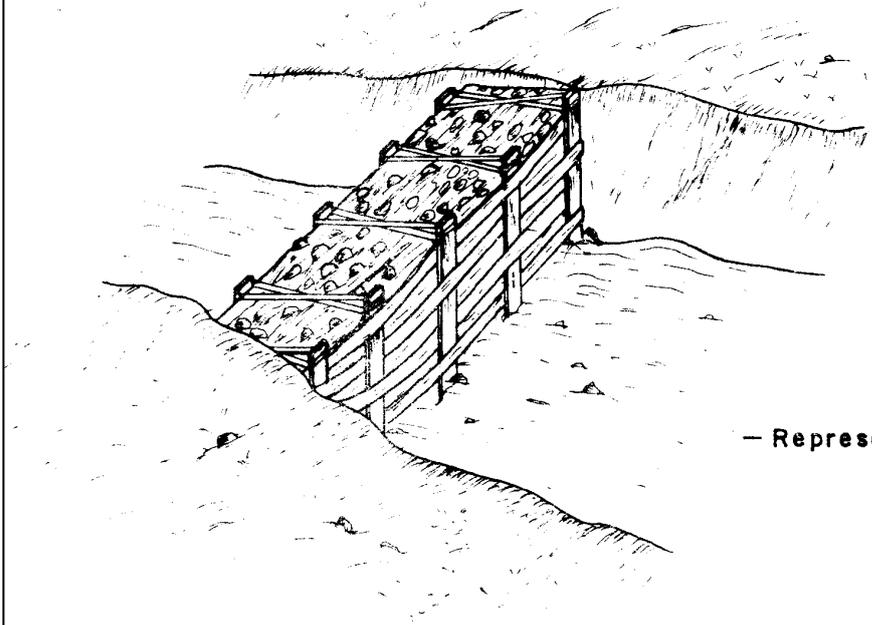


- Escalonamiento de la cabecera o ladera de una área inestable formando terrazetas.



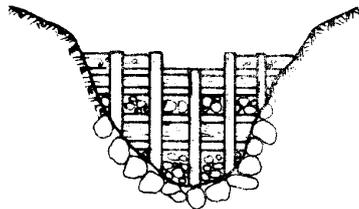
- Protección del lecho de la Qda. con muros escalonados ( andenes ) utilizando bloques de roca o concreto armado.

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

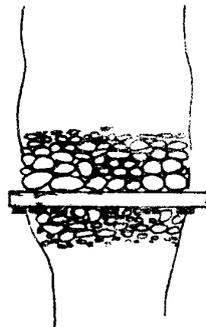


- Represa combinada

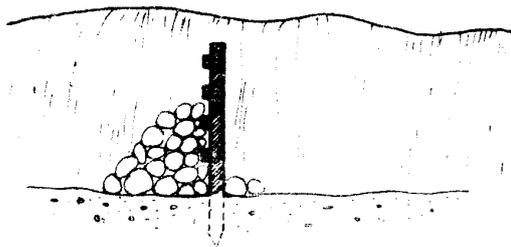
**MURO DE RAMAJE Y ROCA**



- Vista frontal

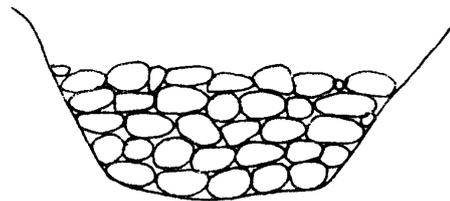


- Vista en planta

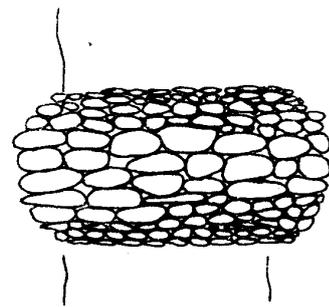


- Vista en perfil

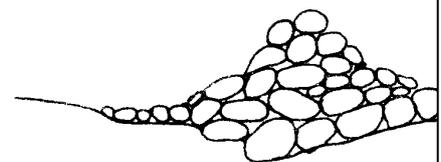
**MURO DE ROCA**



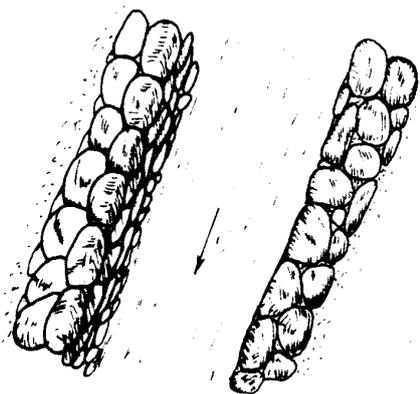
- Vista frontal



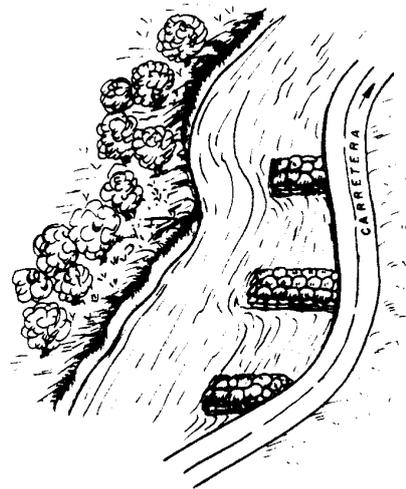
- Vista en planta



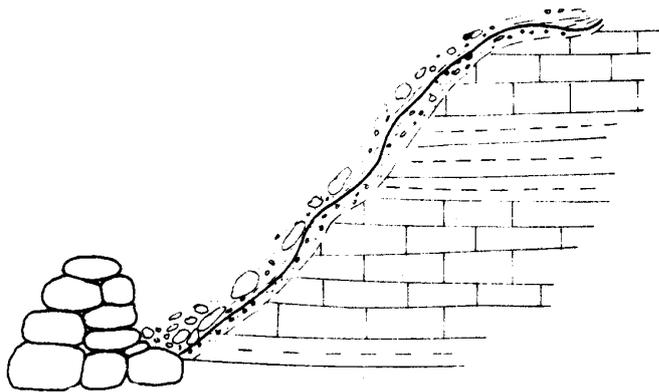
- Vista en perfil



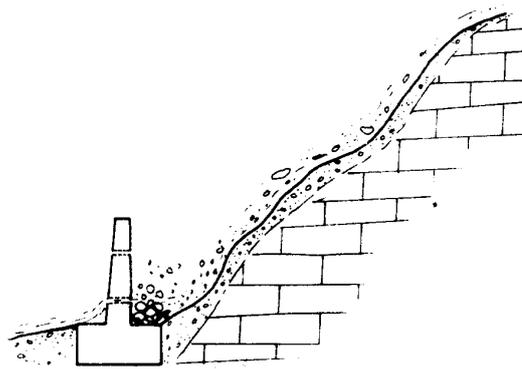
- Protección de las márgenes con enrocados.



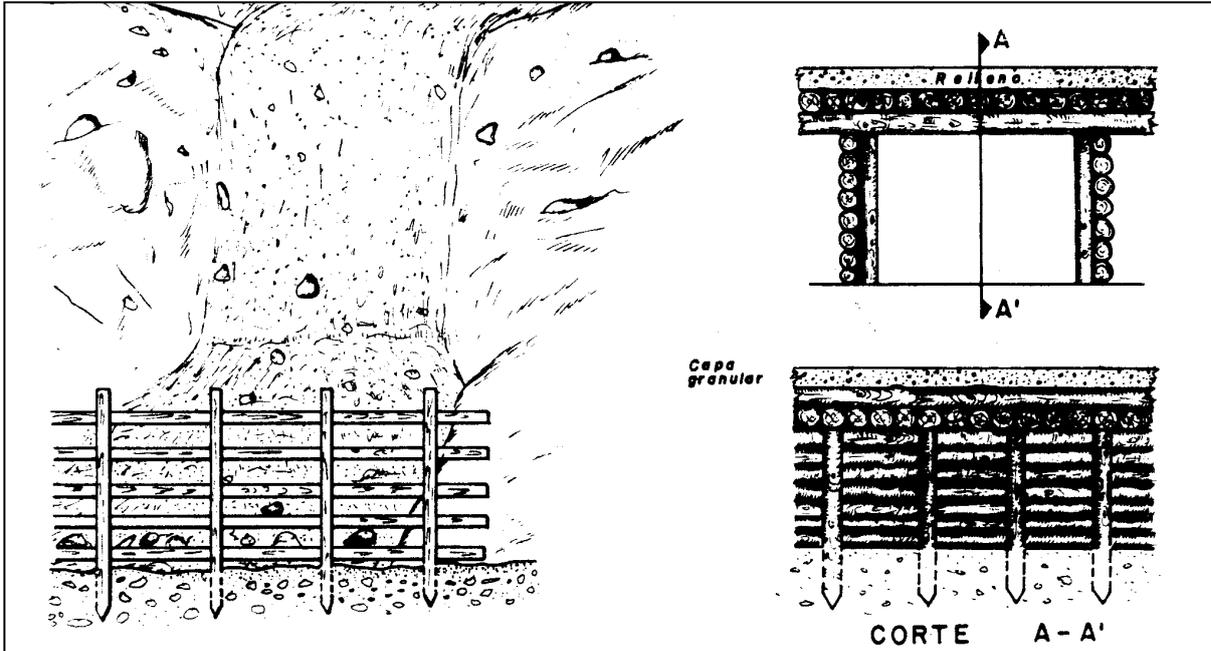
- Protección de una margen con espigones.



- Construcción de muros secos al pie del talúd.

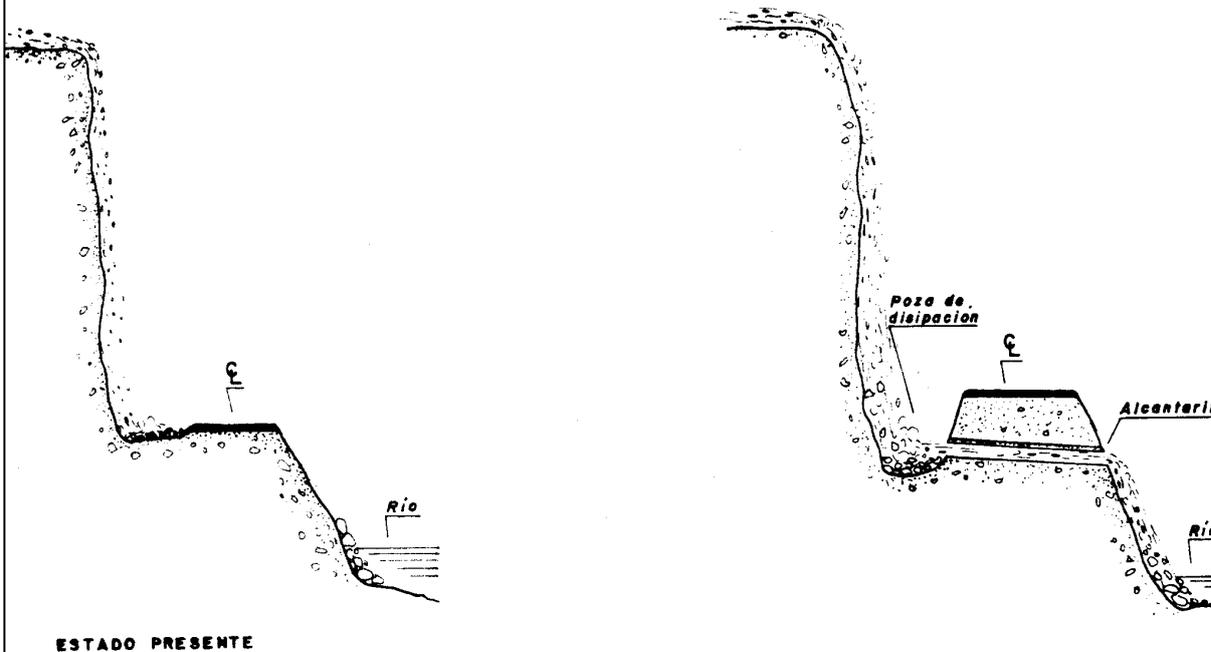


- Construcción de muros de cemento cíclopeo o concreto armado.



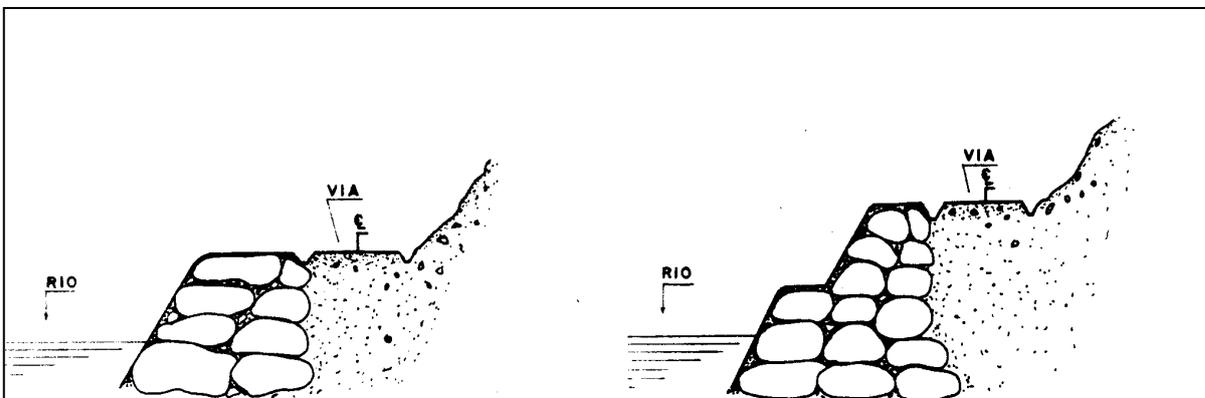
- Utilización de tablestacados para acumulación de material al-pie del talud en áreas inestables.

- Alcantarilla o pontón de tronco

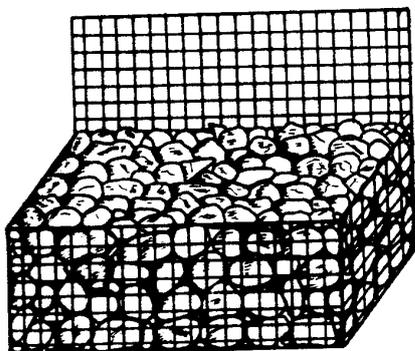


ESTADO PRESENTE

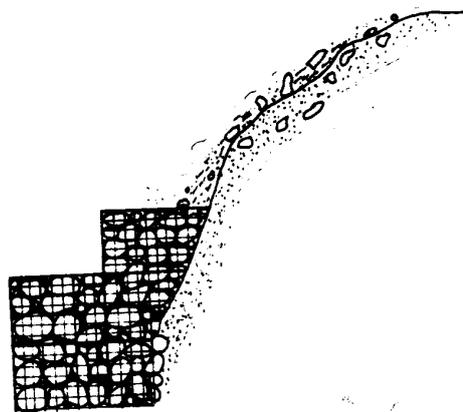
- Captación del agua que discurre por torrenteras colgadas en el talud superior de una vía.



- Uso de enrocados para protección de riberas.



- Gabión empleado en obras de protección de laderas o erosión.



- Empleo de Gabiones al pie del Talud.