

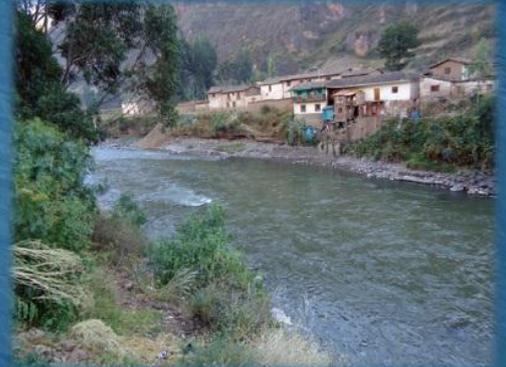
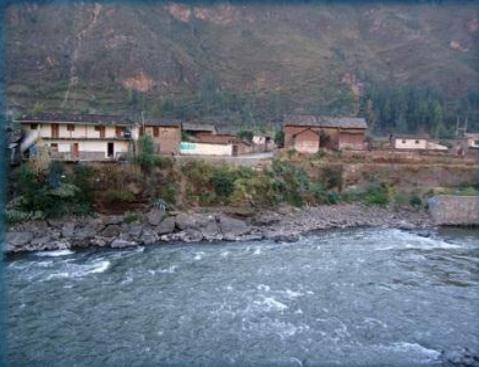
Informe Técnico N° A6578

Evaluación del río Vilcanota en el distrito de San Salvador

Provincia Calca - Región Cusco

POR:
FABRIZIO DELGADO
CARLOS BENAVENTE

OCTUBRE 2011



CONTENIDO

	Página
1.0. INTRODUCCIÓN	3
2.0. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	3
2.1. ALTIPLANICIES	3
2.2. CORDILLERA ORIENTAL	3
2.3. VALLE DEL VILCANOTA-URUBAMBA.	5
3.0. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
3.1. SUBSTRATO	8
GRUPO COPACABANA (Pi-c)	8
3.2. FORMACIONES SUPERFICIALES	9
DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)	9
DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)	9
DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)	9
4.0. PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS	11
4.1. SECTORES EVALUADOS	11
TRAMO 1 (0+000 – 0+170)	13
TRAMO 2 (0+170 – 0+660)	14
TRAMO 3 (0+660 – 0+819.278)	16
5.0. PREVENCIÓN DE AVENIDAS	19
5.1. MANEJO DEL PROBLEMA	20
5.2. GESTIÓN DE RIESGO LOCAL Y TRABAJO DE SENSIBILIZACIÓN EN LAS COMUNIDADES	23
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
REFERENCIAS	26
LISTADO DE FIGURAS Y MAPAS	27

EVALUACIÓN DEL RÍO VILCANOTA EN EL DISTRITO DE SAN SALVADOR

Provincia de Calca, región Cusco

1.0 INTRODUCCIÓN

El Distrito de San Salvador se ubica en el denominado Valle Sagrado de los Incas, en ambas márgenes del río Vilcanota. Este, en épocas de lluvias periódicas y/o excepcionales, incrementa su caudal provocando avenidas que ocasionan el desborde, inundación y erosión en ambas márgenes del río.

Todos los años las avenidas provocan el incremento del caudal del río Vilcanota, la consiguiente acumulación de detritos y el crecimiento en el nivel de sus aguas. Llegando a ocupar todo su cauce actual, generando daños en viviendas y en obras de defensa ribereña mal diseñadas y/o ubicadas. Mapa 01

Con Oficio N° 0124-2011-MDSS/C, la Municipalidad Distrital de San Salvador, provincia de Calca, región Cusco, solicito la evaluación de ambas márgenes del río Vilcanota en el distrito de San Salvador.

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. El trabajo se realizó el día 17 de Agosto del presente año, previa coordinación con el Ing. Miguel Frisancho Jefe de la dirección de obras de la Municipalidad Distrital de San Salvador.

2.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

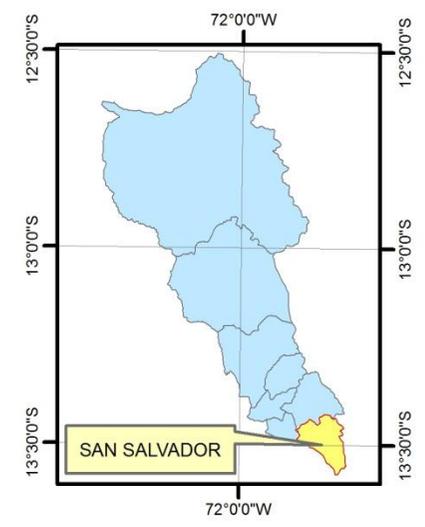
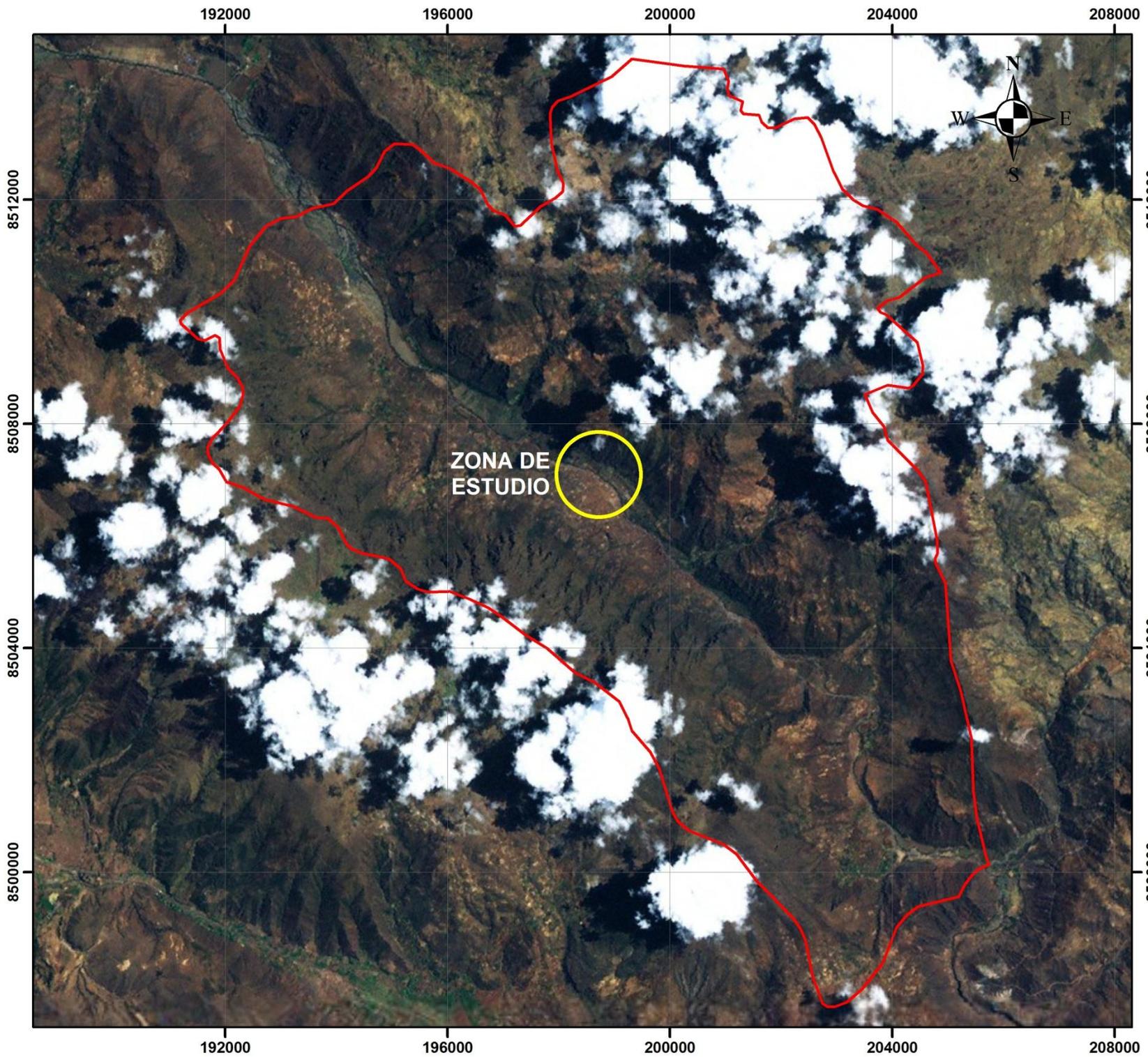
Entre Cusco y el área de estudio se reconocen las siguientes unidades geomorfológicas: Altiplanicies, Cordillera Oriental y el Valle del Vilcanota – Urubamba; además de sub unidades locales que se ubican dentro de estas. Ver Mapa 02.

2.1 ALTIPLANICIES

Esta unidad corresponde a zonas con relieves planos y altitudes que varían entre 4200 y 4300 msnm. En esta unidad se han diferenciado las siguientes geoformas: **Pampas** (Pampa de Maras) y las **Montañas** (Montañas del Cusco), como se puede apreciar en la Foto 1, dentro de ellas también se encuentra la **Meseta** de Sacsayhuaman. Estas geoformas están separadas, en algunos lugares, por fallas de dirección NO-SE.

2.2 CORDILLERA ORIENTAL

Zona morfo – estructural fuertemente individualizada, que se localiza en la zona de estudio, bordeada por fallas NO-SE. En esta unidad los sectores más elevados conforman nevados y **glaciares**, que muestran signos de retroceso. El límite inferior de las nieves se halla por lo general a 4800 msnm. Además de los glaciares se aprecian, geoformas de origen glaciar como “**circos glaciares**”, **valles en “U”** y **morrenas** (Foto 2). Dentro de esta unidad se tiene la cadena de nevados de Pituseray – La Verónica, la meseta de Colquepata y los valles intracordilleranos.



EVALUACIÓN DE RIO VILCANOTA EN EL DISTRITO DE SAN SALVADOR
 PROVINCIA CALCA-REGIÓN CUSCO

INGEMMET
UBICACIÓN

0 1.25 2.5 5 Km

WGS_1984_UTM	Zona 19 Sur	Mapa 01
--------------	-------------	---------



Foto 1: Se observa las altiplanicies y montañas del Cusco.



Foto 2: La Cordillera Oriental, vista hacia el Norte de San Salvador.

2.3 VALLE DEL VILCANOTA – URUBAMBA

Considerado como valle interandino, presenta en este tramo una dirección preferencial SE a NO y a una altitud de 3000 msnm. El valle discurre con terrazas amplias, por consiguiente corresponde a un valle ancho con evolución madura (Foto 3). El cauce forma canales entrelazados por tramos. Las vertientes son moderadamente suaves a empinadas, en los bordes (ambos márgenes) se observan importantes conos aluviales como el de Calca que proviene de la quebrada Ccochoc.

El distrito de San Salvador, se emplaza en el piso del valle del río Vilcanota – Urubamba, ocupando toda su extensión. En este sector el río es de forma irregular y alargada; “cortando” todo el distrito de San Salvador.

*“Evaluación del río Vilcanota en el distrito de San Salvador”
Provincia Calca, Región Cusco*



Foto 3: Vista del Valle Sagrado de los Incas, Cusco.

3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el área afloran diferentes unidades litoestratigráficas (Mapa 03), información tomada del Boletín N°65 Serie A Carta Geológica del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET); así como verificación de campo. Las unidades cartografiadas se agrupan en rocas del substrato y depósitos superficiales:

3.1 SUBSTRATO

GRUPO COPACABANA (Pi-c)

Compuesto principalmente por calizas y lutitas marinas. Las calizas son de varios tipos, de grano fino, oolíticas o nodulosas, de color gris blanquecino a negro. Estas rocas se caracterizan por presentar fósiles silicificados de fusulinas, braquiópodos, corales, etc. Las lutitas son negras y carbonosas, conteniendo restos de plantas. Además entre Pisac y San Salvador (Morro Blanco), cerca de la base de los afloramientos, aparecen bancos de areniscas cuarzosas blancas con laminaciones oblicuas, posiblemente de medios litorales; intercaladas con lutitas y calizas fosilíferas. En el anticlinal del Vilcanota, se le asigna un grosor de 600 a 700 m para este grupo. Es importante resaltar que en algunos lugares de la zona de estudio, al techo del Grupo Copacabana aparecen niveles conglomerádicos con clastos de cuarcitas y chert (Foto 4). Las calizas presentan abundante contenido de cherts que permiten distinguirla de los conglomerados de la base del grupo Mitu. A este grupo se le asigna una edad Pérmico inferior.

Desde el punto de vista geomecánico estos materiales tienen diferentes comportamientos: las calizas son rocas estables, sin embargo, las lutitas pueden desarrollar movimientos en masa.



Foto 4: Se observa los niveles conglomerádicos del grupo Copacabana que viene siendo erosionados por el río Vilcanota.

3.2 FORMACIONES SUPERFICIALES

DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

De morfología más o menos planos y ubicadas en las partes correspondientes al fondo de los valles o ampliaciones debido a su conjunción, dando lugar a las llanuras aluviales y terrazas amplias. De composición heterogénea constituidos por bloques, gravas, guijarros, arenas, limos y arcillas; y con una estratificación que varía desde difusa, donde destaca la lenticularidad - salvo algunos casos esporádicos en que se observan comisuras bien definidas -, hasta la estratificación más conspicua. Su comportamiento geomecánico es aceptable a bueno. Ver Foto 5



Foto 5: Se observa dos terrazas aluviales T-1 y T-2.

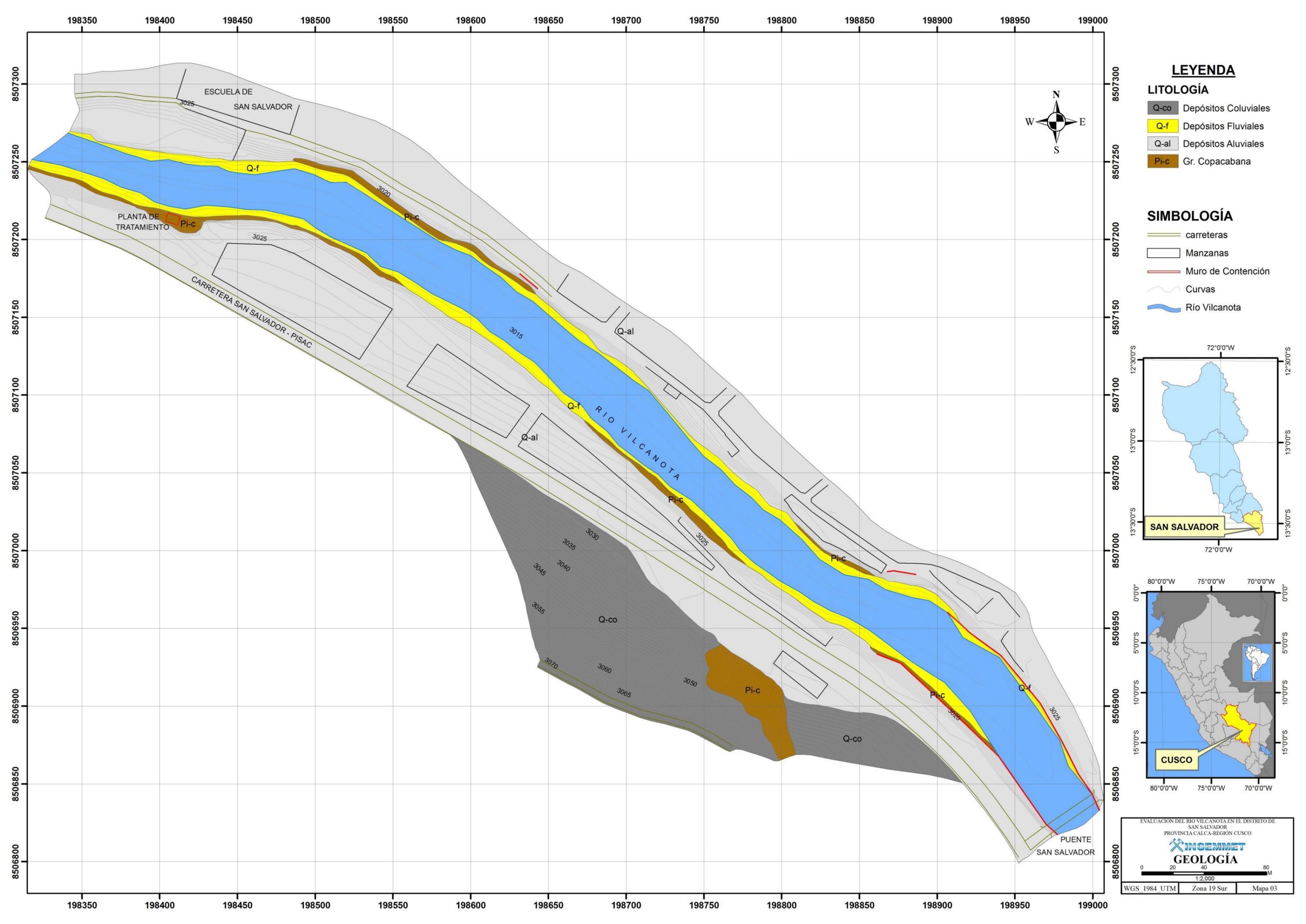
DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)

Estos depósitos forman el denominado cauce del río Vilcanota. Generalmente estos materiales son inconsolidados y tienen alta permeabilidad; están constituidos por bancos de gravas y arenas, en algunos casos vienen siendo explotados de manera irracional.

Sobre los depósitos fluviales del río Vilcanota, se ubican muchos asentamientos humanos, hospedajes, terrenos de cultivo, caminos y/o carreteras. Reflejando la invasión incontrolada de su cauce.

DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)

Son depósitos fragmentarios, transportados y acumulados por acción de la gravedad. Estos depósitos se reconocen en las laderas de los cerros. Estos depósitos heterogéneos, están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado de bloques, gravas en una matriz limo-arcillosa. Las gravas son de pizarras, diamictitas, areniscas, y rocas volcánicas.



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 su cauce para almacenaje del caudal y su carga. Toda 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.

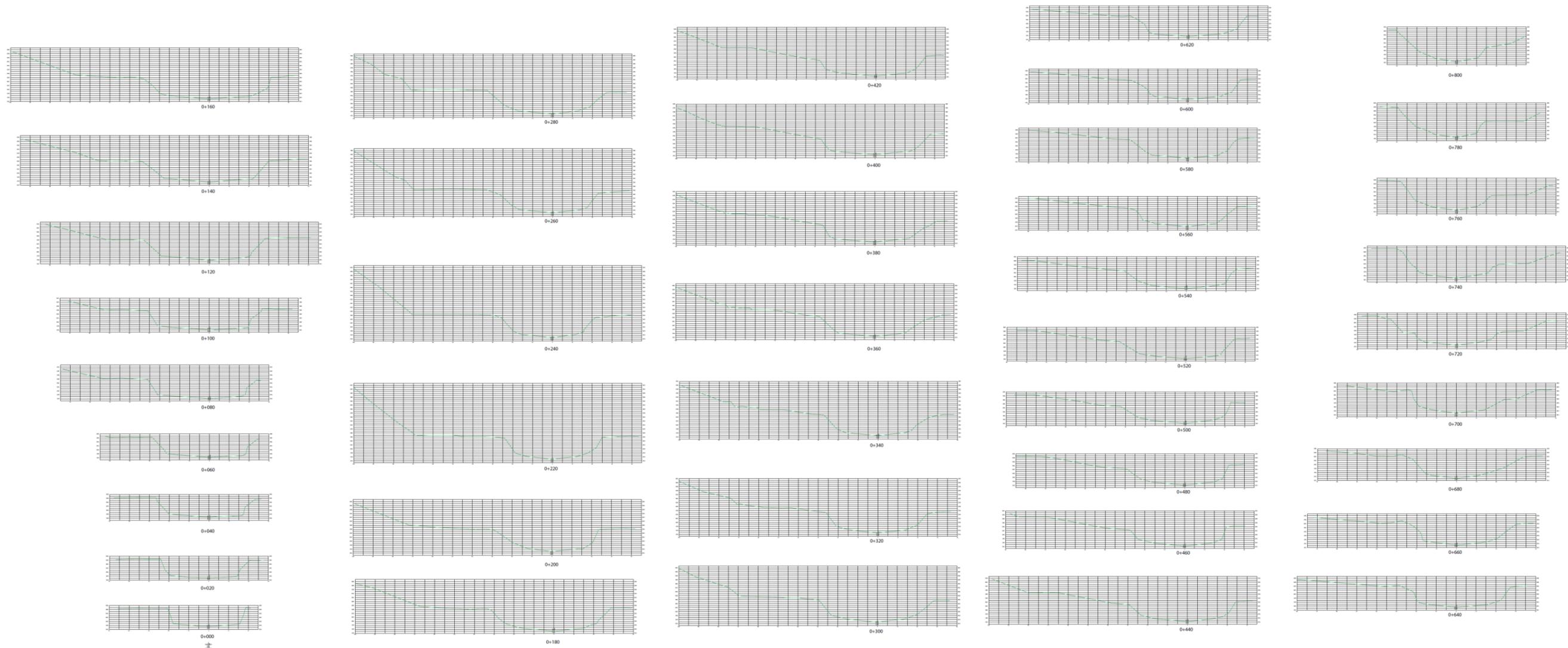
Las avenidas se caracterizan por su frecuencia probable de aparición o periodo de retorno, definiendo así la avenida, mensual, anual, decenal, centenaria, milenaria, etc., a cada una de las cuales corresponderán mayores valores de caudal y nivel de aguas, lo que generara la destrucción é inundación en ambas márgenes.

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. Ver Mapa 04.

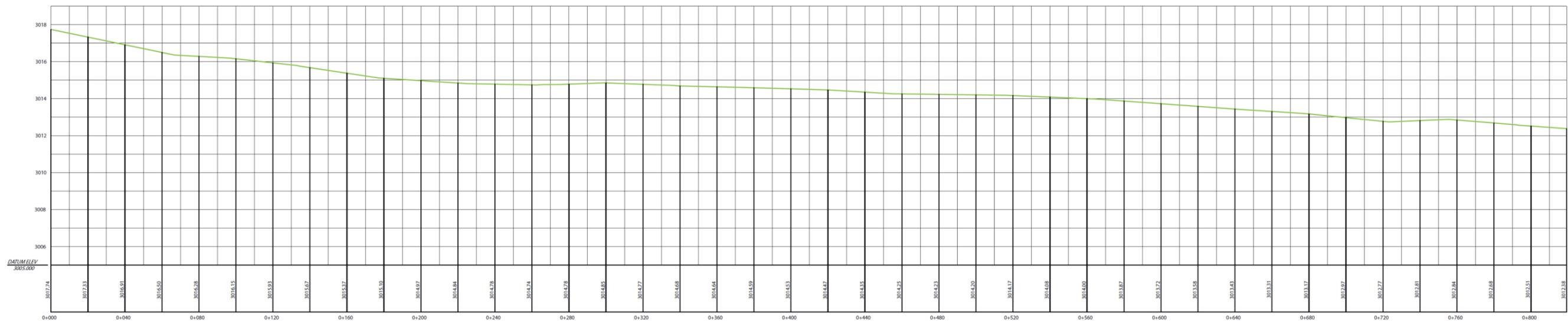
4.1 SECTORES EVALUADOS

El sector evaluado tiene una longitud de 819.3 m; el fondo del canal en el metraje 0+000 se localiza a una altura de 3017.5 msnm; y en el metraje 0+800 a 3012.4 msnm., obteniéndose una diferencia de altura de 5.1 m en 800 m, lo que nos da una pendiente del río de 0.6%. Para una mejor evaluación del canal en todo el tramo la Municipalidad de San Salvador realizó 41 secciones transversales cada 20 m como se observa en la Figura 1. Estas secciones transversales del cauce del río son cortes verticales perpendiculares al alineamiento horizontal, que nos permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que formaran la defensa ribereña.

Para una mejor descripción, el sector se dividió en tres tramos: Tramo 1 (0+000 – 0+170), Tramo 2 (0+170 – 0+660) y Tramo 3 (0+660 – 0+819.278), los cuales describimos a continuación.



SECCIONES TRANSVERSALES



PERFIL LONGITUDINAL



Figura 1: Perfil longitudinal del rio Vilcanota y secciones transversales cada 20 metros (Levantamiento Topográfico Municipalidad de San Salvador).

TRAMO 1 (0+000 – 0+170)

En este tramo se observan, como obras de defensa ribereña, muros de contención en ambas márgenes del río, estos muros muestran en la base procesos erosivos y un debilitamiento generado por la acción mecánica del río.

Este primer tramo tiene una distancia de 170 m donde ambas márgenes del río se encuentran protegidas por muros de contención (muros ciclópeos) que canalizan el río Vilcanota en este sector, también protegen las bases del puente de San Salvador (Foto 6).

En el metraje 0+140 – 0+170 (30 m.) los muros de contención de la margen derecha se encuentra erosionados en la base, producto de la acción mecánica del río y a la mala disposición de las defensas. (Foto 7).



Foto 6: Tramo 1, se observan los muros de contención ejecutados como obras de defensa ribereña protegiendo ambas márgenes y las bases del puente San salvador.



Foto 7: se observa en líneas de color rojo el proceso de erosión y socavamiento que viene afectando los muros de contención.

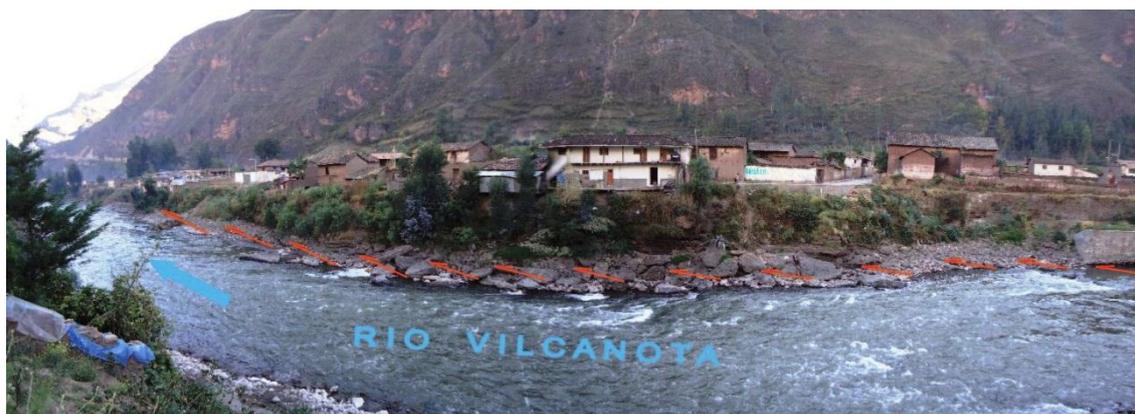
TRAMO 2 (0+170 – 0+660)

Este tramo presenta una longitud de 490 m y en todo el sector, la erosión causada por el río, es evidente al no existir muros de contención que protejan ambas márgenes del río.

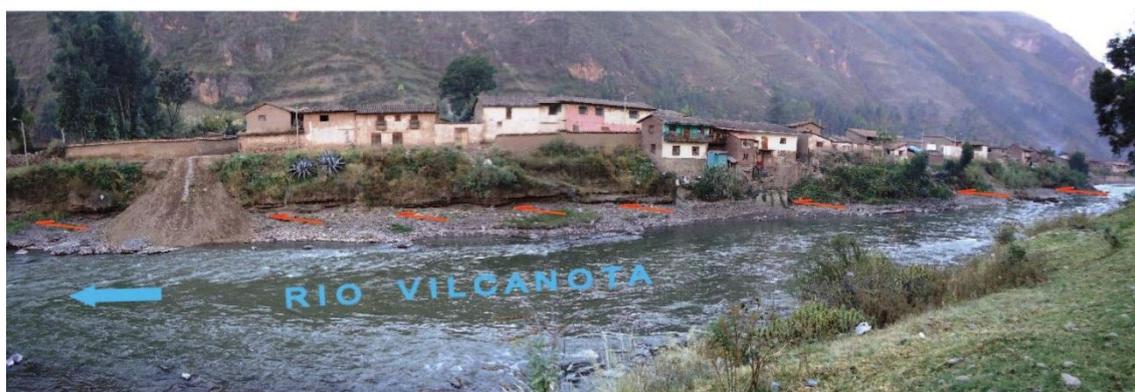
La margen derecha, presenta evidencias de erosión y socavamiento generado por el río poniendo en peligro viviendas edificadas sobre su cauce, estas viviendas se construyeron sin respetar la faja marginal (Figura 2b).

En los metrajes 0+190 y 0+500, se observan dos muros de contención pequeños que protegen la plataforma de la carretera, que colapso años atrás debido a la erosión ocasionada por el río Vilcanota cuando se incrementó su caudal debido a las fuertes precipitaciones pluviales cuenca arriba (Figura 2c).

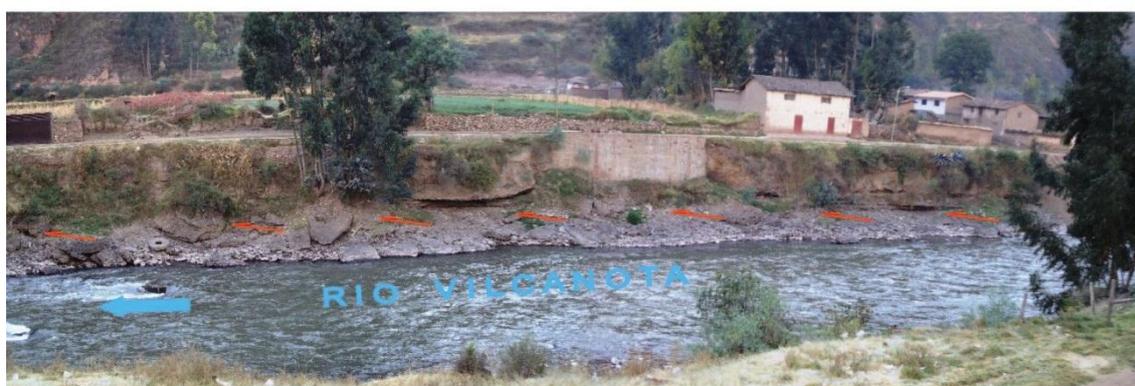
*“Evaluación del río Vilcanota en el distrito de San Salvador”
Provincia Calca, Región Cusco*



a)



b)



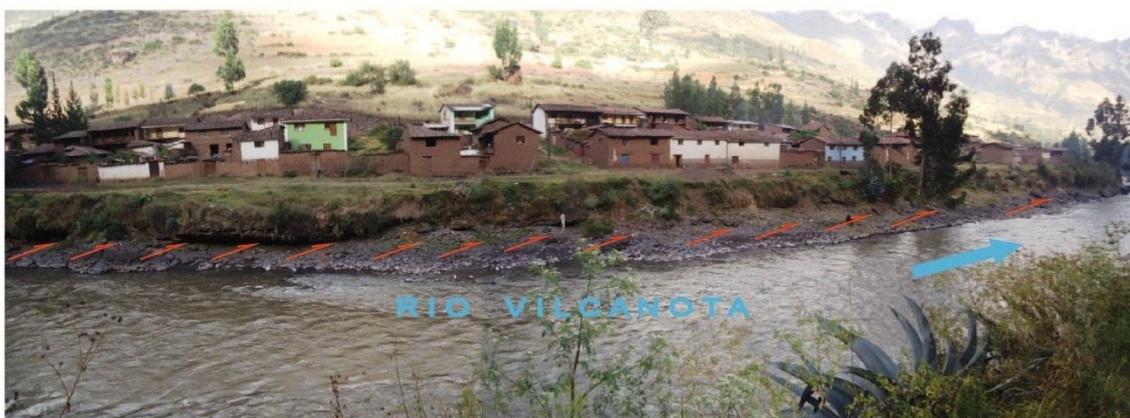
c)

Figura 2: Margen derecha del Tramo 2. a) En línea roja se observa el proceso de socavamiento ocasionado por el río Vilcanota. b) Se observa como el socavamiento producido por el río viene afectando viviendas construidas sobre el cauce del río Vilcanota. c) Se observa como la erosión ocasionada por el río viene afectando la plataforma de la carretera que une San Salvador con otros poblados del distrito.

En la margen izquierda se observa el proceso erosivo generado por el río debido al incremento del caudal en esta última temporada de lluvias. Las viviendas que se encuentran construidas sobre el cauce y/o canal del río, vienen siendo afectadas todos los años durante el periodo de lluvioso (entre los meses de octubre a abril), precipitaciones que incrementan el volumen de agua que discurre por el río (Figura 3)



a)



b)



c)

Figura 3: Margen izquierda del Tramo 2. a) En línea roja se observa como el socavamiento del río viene afectando viviendas construidas sobre el canal del río Vilcanota. b) se observa el proceso de erosión y socavamiento. c) se observa como la margen izquierda viene siendo afectada por este proceso erosivo debido al incremento del caudal del río en temporada de lluvias.

TRAMO 3 (0+660 – 0+819.278)

Este tramo tiene una longitud de 159.3 m, y presenta procesos de erosión lateral y socavamiento generado por el río en ambas márgenes. En la margen derecha se observa una terraza aluvial que se inunda cada vez que el río Vilcanota aumenta su caudal debido a las lluvias que se producen entre los meses de noviembre a abril (Foto 8).

En este tramo, en la margen izquierda, se observa la presencia de una planta de tratamiento de aguas servidas. Esta se encuentra mal ubicada y no cuenta con las medidas de protección necesarias. Es importante mencionar que la destrucción de esta planta ocasionaría la contaminación del río (Foto 9).

*“Evaluación del río Vilcanota en el distrito de San Salvador”
Provincia Calca, Región Cusco*

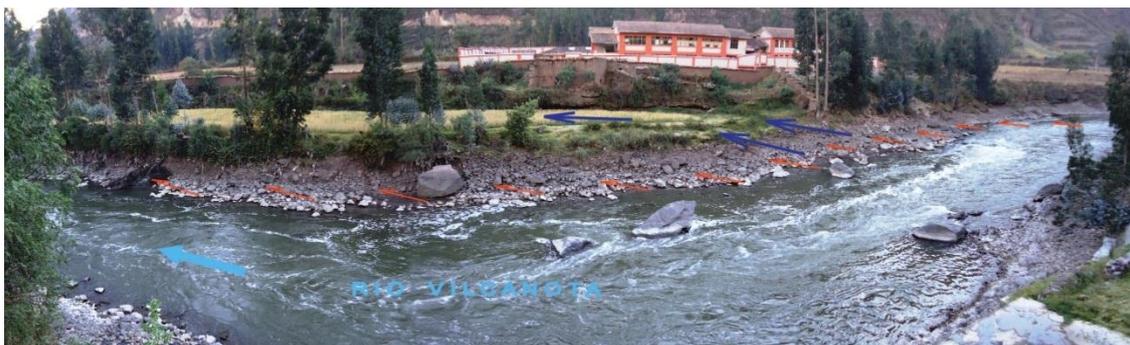
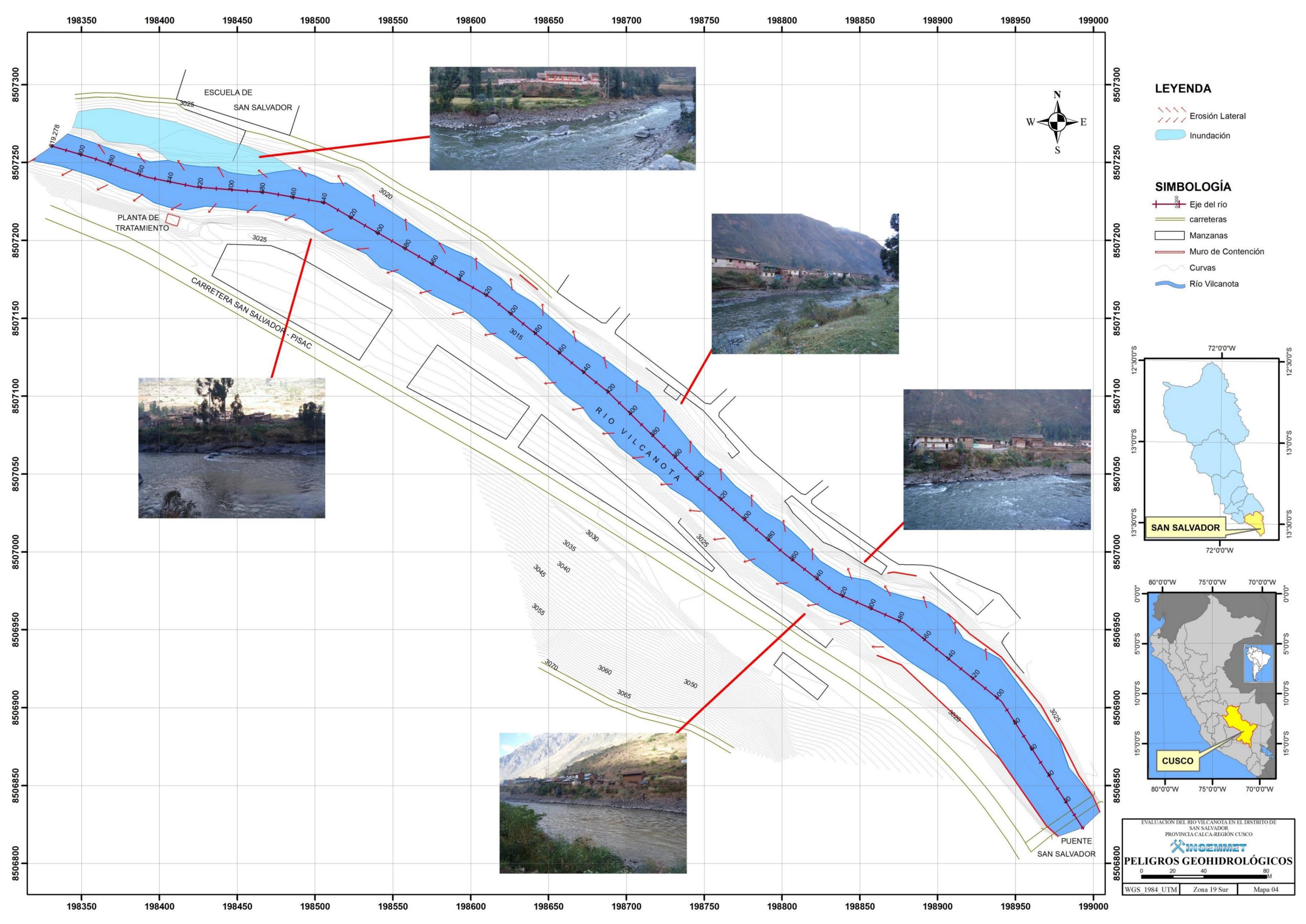


Foto 8: En líneas de color rojo se observa los procesos de erosión y socavamiento producidos por el río, y en líneas de color azul se observa la zona de desborde e inundación de la terraza aluvial.



Foto 9: Se observa una planta de tratamiento de aguas servidas, construida sobre el canal del río Vilcanota en la margen izquierda.

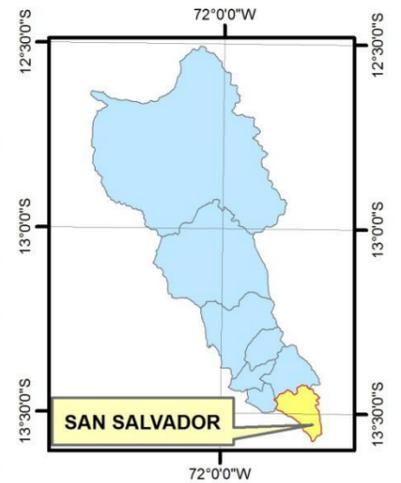


LEYENDA

- Erosión Lateral
- Inundación

SIMBOLOGÍA

- Eje del río
- carreteras
- Manzanas
- Muro de Contención
- Curvas
- Río Vilcanota



EVALUACION DEL RIO VILCANOTA EN EL DISTRITO DE SAN SALVADOR
 PROVINCIA CALCA-REGION CUSCO

INGEMMET

PELIGROS GEHIDROLÓGICOS

0 20 40 80 M

WGS 1984 UTM Zona 19 Sur Mapa 04

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 (que en la actualidad está “invadida” por viviendas, infraestructura y terrenos de cultivo) y se producen las denominadas avenidas o crecidas produciendo inundaciones, desbordes y erosión en ambas márgenes del río. El que este hecho derive en un “desastre” proviene de la competencia entre los hombres y el 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.

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 tramos evaluados.

En esta parte 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 Vilcanota. Esto no quiere decir que no tengamos que analizar las posibilidades de reubicación de estas.

Las medidas que se proponen, están orientados a minimizar (mitigar) los desbordes, erosiones e inundaciones que ocurren en las márgenes del río Vilcanota. Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones o enrocado, 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 semirrígida (relación vida útil vs. Costo total favorable). En las Fotos 10 (a y b), 11, 12, y Figura 4, tenemos ejemplos de estas estructuras que pueden ser usadas en las obras de defensa ribereña.



Foto 10a: Gaviones escalonados (tipo terrazas)



Foto 10b: Gaviones escalonados, construcción

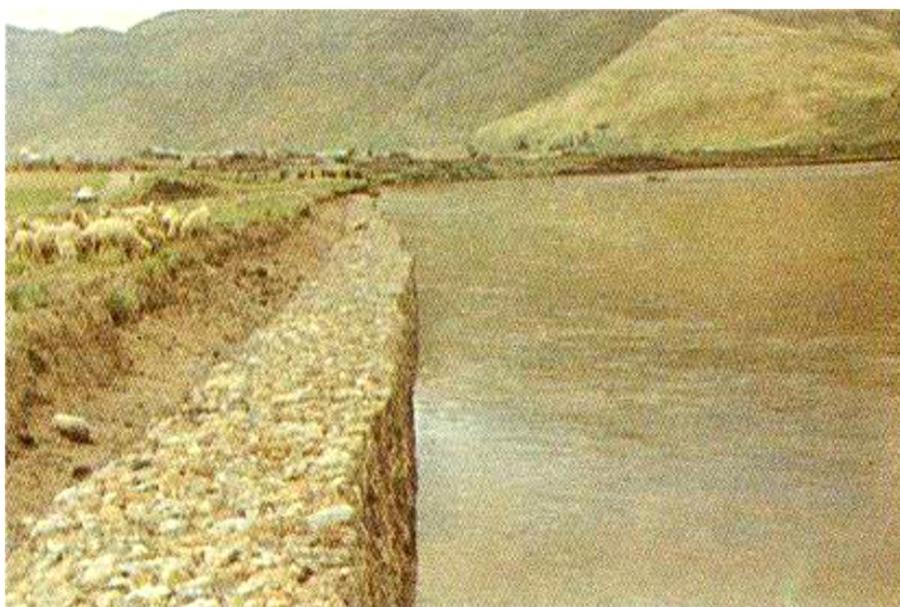


Foto 11: Ejemplo de muro longitudinal para el encauzamiento del río.
(Tomado de PROLANSA).

*“Evaluación del río Vilcanota en el distrito de San Salvador”
Provincia Calca, Región Cusco*



a)



b)

Foto 12: Recubrimientos de talud. En b se observa uso de geotextil para defensas ribereñas.

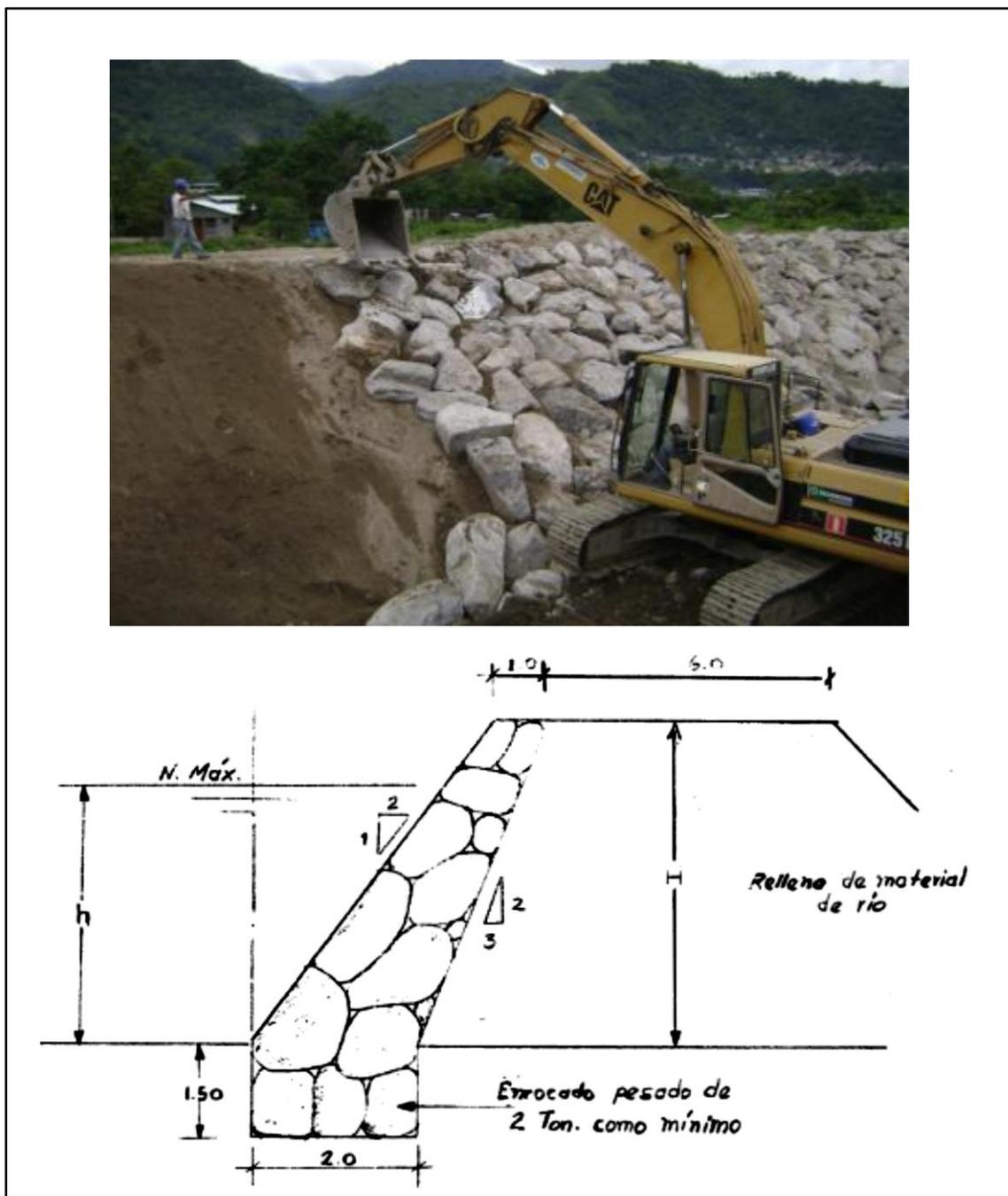


Figura 4: Protección de riberas mediante enrocados.

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

En la zona de estudio, principalmente en la capital del distrito de San Salvador, la población deberá ser informada con material educativo y charlas, 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.

Se recomienda también formar el COMITÉ LOCAL DE EMERGENCIA: 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.

Algunas recomendaciones para las autoridades e instituciones:

- Crear y convocar el Comité Local de Emergencia.
- Identificar las zonas de peligro potencial en la cuenca del río Vilcanota a lo largo del distrito de San Salvador.
- Evaluar el riesgo al que están sometidos los pobladores y los bienes.
- Desarrollar planes de información y educación a la población local, para la prevención y la atención de desastres.
- Llevar a cabo planes para la protección y recuperación de la cuenca del río Vilcanota, conjuntamente con las autoridades locales.
- 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 afectadas.
- De igual forma, hacer lo posible para que el municipio con apoyo del gobierno regional ejecute las obras civiles recomendadas.
- Llevar a cabo planes para la protección y recuperación de la cuenca del río Vilcanota y sub cuencas conformantes.
- Implementar una normatividad que prohíba las actividades de desmonte en el curso y las riberas del río.
- Prohibir la construcción sobre obras de defensa ribereña.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) El río Vilcanota es el colector principal de la cuenca del mismo nombre, discurre con una dirección SE-NO, y se encuentra cortando todo el distrito de San Salvador, el tramo de estudio se emplaza en el piso del valle del Vilcanota – Urubamba.
- 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 Vilcanota comprendidas entre el puente y la escuela de San Salvador (distrito de San Salvador, provincia de Calca), se identificaron tres tramos en **peligro inminente** que requieren una serie de medidas de estabilización y protección contra los desbordes, inundaciones y erosión de las riberas del río Vilcanota.
- 3) Los tres tramos en peligro son:
 - **El tramo 1 (0+000-0+170m)**; donde se observan los muros de contención que muestran en la base procesos erosivos debido a la acción mecánica del río Vilcanota que viene debilitando y/o deteriorando dichos muros. Se recomienda intervenir los muros de contención, con la finalidad de controlar el proceso erosivo que viene sufriendo y evitar el colapso de estos en la próxima temporada de lluvias.
 - **El tramo 2 (0+170-0+660m)**; viene a ser el tramo más afectado debido a la fuerte erosión de ambas márgenes. En este tramo se observan zonas en las que se hicieron obras para reponer la plataforma de la carretera que colapso debido a la erosión causada por el río. Los procesos de erosión ponen en peligro viviendas ubicadas en ambas márgenes sobre el cauce del río. Se recomienda iniciar trabajos de limpieza del cauce del río y trabajos de defensa ribereña a lo largo de todo el tramo con gaviones y/o enrocados. La altura de dichas obras de defensa, tienen que ser calculada de acuerdo al nivel río con caudales máximos en dicho tramo.
 - **Tramo 3 (0+660-0+819.278m)**; este tramo presenta procesos de erosión lateral, socavamiento y desbordes e inundación en la terraza aluvial (margen derecha), que todos los años afecta los cultivos. En la margen izquierda se construyó una planta de tratamiento de aguas servidas sobre el cauce del río (obra mal ubicada). En este tramo se recomienda realizar trabajos de defensa ribereña a lo largo de este con gaviones y/o enrocados, protegiendo ambas márgenes del río. La altura de dichas obras de defensa, tienen que ser calculada de acuerdo al nivel río con caudales máximos en dicho tramo.

Se recomienda reubicar la planta de tratamiento, ya que si es destruido, constituiría foco de contaminación muy alto.
- 4) En los tramos evaluados, se debe iniciar trabajos de defensa ribereña, obras que permitan disminuir la vulnerabilidad de la zona de estudio ante posibles avenidas producto de precipitaciones excepcionales, como las sucedidas el año 2010.
- 5) La municipalidad distrital de San Salvador deberá emitir ordenanzas municipales con el fin de delimitar la faja marginal y se debe de prohibir a los pobladores que construyan sus casas sobre las obras de defensa ribereña, a fin de evitar el desplome de estas.

REFERENCIAS

CARLOTTO, V; GIL, W; CÁRDENAS, J. & CHAVEZ, R (1996). *Geología de los Cuadrángulos de Urubamba y calca*. Lima. Boletín N° 65 Serie A, INGEMMET, 245 p.

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 Salvador (2011). Expediente de levantamiento topográfico para defensa ribereña río Vilcanota, distrito de San Salvador. Expediente técnico. 18 p.

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

LISTADO DE FOTOS, FIGURAS Y MAPAS

FOTOS:

- **Foto 1:** Se observa las altiplanicies y montañas del Cusco.
- **Foto 2:** La Cordillera Oriental, vista hacia el Norte de San Salvador.
- **Foto 3:** Vista del Valle Sagrado de los Incas – Cusco.
- **Foto 4:** Se observa los niveles conglomerádicos del grupo Copacabana que viene siendo erosionados por el río Vilcanota.
- **Foto 5:** Se observa dos terrazas aluviales T-1 y T-2.
- **Foto 6:** Tramo 1, se observan los muros de contención ejecutados como obras de defensa ribereña protegiendo ambos márgenes y las bases del puente San salvador.
- **Foto 7:** se observa en líneas de color rojo el proceso de erosión y socavamiento que viene afectando los muros de contención.
- **Foto 8:** En líneas de color rojo se observa los procesos de erosión y socavamiento producidos por el río, y en líneas de color azul se observa la zona de desborde e inundación de la terraza aluvial.
- **Foto 9:** Se observa una planta de tratamiento de aguas servidas, construida sobre el canal del río Vilcanota en la margen izquierda.
- **Foto 10:** Gaviones en forma de terrazas
- **Foto 11:** Ejemplo de muro longitudinal para el encauzamiento del río. (Tomado de PROLANSA).
- **Foto 12:** Recubrimientos de talud. En b se observa uso de geotextil para defensas ribereñas.

FIGURAS:

- **Figura 1:** Perfil longitudinal del río Vilcanota y secciones transversales cada 20 metros (Levantamiento Topográfico Municipalidad de San salvador).
- **Figura 2:** Margen derecha del Tramo 2. a) En línea roja se observa el proceso de socavamiento ocasionado por el río Vilcanota. b) Se observa como el socavamiento producido por el río viene afectando viviendas construidas sobre el cauce del río Vilcanota. c) Se observa como la erosión ocasionada por el río viene afectando la plataforma de la carretera que une San salvador con otros poblados del distrito.
- **Figura 3:** Margen izquierda del Tramo 2. a) En línea roja se observa como el socavamiento del río viene afectando viviendas construidas sobre el canal del río Vilcanota. b) se observa el proceso de erosión y socavamiento. c) se observa como la margen izquierda viene siendo afectada por este proceso erosivo debido al incremento del caudal del río en temporada de lluvias.
- **Figura 4:** Protección de riberas mediante enrocados.

MAPAS:

- **Mapa 01:** Ubicación.
- **Mapa 02:** Geomorfología.
- **Mapa 03:** Geología.
- **Mapa 04:** Peligros Geohidrológicos.