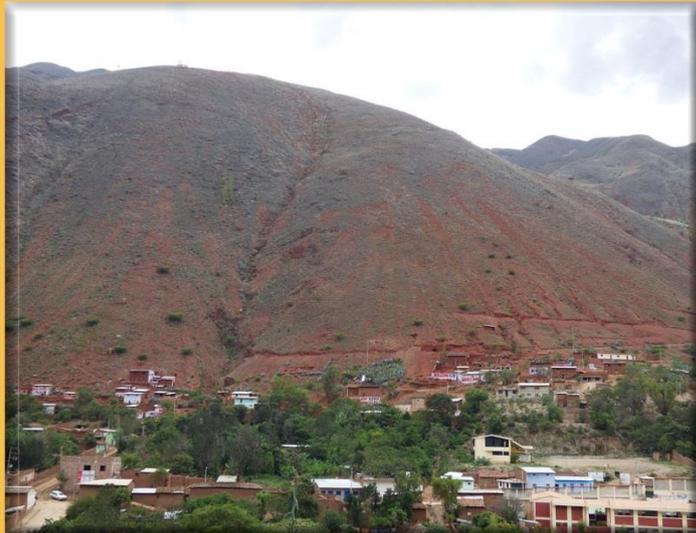


Informe Técnico N° A6843

INSPECCIÓN GEODINÁMICA DEL SECTOR DE SAN SEBASTIÁN DE QUERA

Región y Provincia Huánuco
Distrito Santa María del Valle
Paraje San Sebastián de Quera



SEGUNDO NÚÑEZ
LUIS ALBINEZ
JULIO LARA
NOVIEMBRE
2018

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1	Objetivos	2
1.2	Generalidades.....	3
1.3	Antecedentes	3
1.4	Estudios anteriores.....	3
1.5	Metodología.....	5
II.	GEOLOGÍA.....	5
III.	GEOMORFOLOGÍA.....	7
IV.	MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL	10
V.	PELIGROS GEOLÓGICOS	10
5.1	Erosión de laderas.....	11
5.2	Derrumbes	16
5.3	Deslizamientos.....	17
5.4	Flujo de detritos (huaico).....	20
5.5	Movimientos complejos	21
5.6	Peligros geohidrológicos	22
VI.	MEDIDAS CORRECTIVAS.....	24
6.1	Para zonas de cárcavas y flujos.....	24
6.2	Medidas para deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas.....	30
6.3	Otras medidas de prevención para deslizamientos y cárcavas	39
6.4	Sectores a reubicar	40
	CONCLUSIONES.....	42
	RECOMENDACIONES.....	43
	REFERENCIAS	44

INSPECCIÓN GEODINÁMICA DEL SECTOR SAN SEBASTIÁN DE QUERA

(Distrito Santa María del Valle, Provincia y región Huánuco)

I. INTRODUCCIÓN

Las elevadas precipitaciones pluviales que ocurren en el área de estudio, es un factor desencadenante para generar movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas y flujos de detritos). Sobre todo, en aquellas laderas de pendientes fuertes con substratos rocosos de mala calidad y sometidas a deforestación intensa, características que las hacen muy susceptibles a sufrir estos procesos.

El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que podrían afectar al centro poblado de San Sebastián de Quera (distrito Santa María del Valle, provincia y región Huánuco); así como las causas de su ocurrencia.

El presente informe técnico, se pone en consideración del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y de Defensa Civil de la Municipalidad distrital Santa María del Valle. Se basa en la inspección realizada en campo, así como la información disponible de trabajos anteriores realizados por el INGEMMET; incluye textos, ilustraciones fotográficas, así como conclusiones y recomendaciones. Brinda información sobre los aspectos geomorfológicos y geológicos del Centro Poblado de San Sebastián de Quera, así como los peligros geológicos que afectan a este centro poblado y las recomendaciones que se deben considerar para evitar futuros daños.

El director del área de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, asignó al Ing. Segundo Núñez Juárez y el Geólogo Julio Lara, para realizar la evaluación del respectivo sector.

1.1 Objetivos

Evaluar los peligros geológicos que podrían afectar al Centro Poblado de San Sebastián de Quera.

Brindar algunas medidas correctivas, para atenuar los efectos de los peligros geológicos

Realizar una zonificación de los peligros geológicos que afectan al sector.

1.2 Generalidades

El área de estudio se encuentra entre las siguientes altitudes y coordenadas UTM WGS84:

- 360600 E, 8911200 N
- 360600 E, 8910400 N
- 359750 E, 8911200 N
- 359750 E, 8910400 N

Políticamente pertenecen al distrito de Santa María del Valle, provincia y región Huánuco (figura 1).

El acceso se realiza de la siguiente manera:

Se toma la carretera Huánuco-Aeropuerto-San Sebastián de Quera, se recorre por una carretera asfaltada de 8 Km para luego proseguir por una trocha afirmada, por un tramo de 15 km donde se llega a dicho poblado.

La población de en gran parte se dedica al cultivo de pan llevar y frutales y en menor proporción a la ganadería.

El clima es cálido-húmedo. Las precipitaciones son abundantes de diciembre a abril y el periodo seco con lluvias escasas de mayo a noviembre (SENAMHI, 2003).

1.3 Antecedentes

Mediante Oficio N°050-CDSSQ-2016, solicita al Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET, apoyo para evaluar los peligros geológicos del sector de San Sebastián de Quera, con fines para su distralización.

1.4 Estudios anteriores

Estudios geológicos efectuados con anterioridad que tratan aspectos señalados en el presente informe son:

- “Geología del Cuadrángulo de Huánuco” (Quispesivana 1996), donde identifican las diferentes unidades geológicas, mencionando que existen rocas metamórficas.
- “Riesgo Geológico en la Región Huánuco” (2006) que analiza a escala regional la problemática de los peligros geológicos y presenta el primer mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para la región, donde señala que el poblado de San Sebastián de Quera se encuentra en el área de muy alta y alta susceptibilidad.

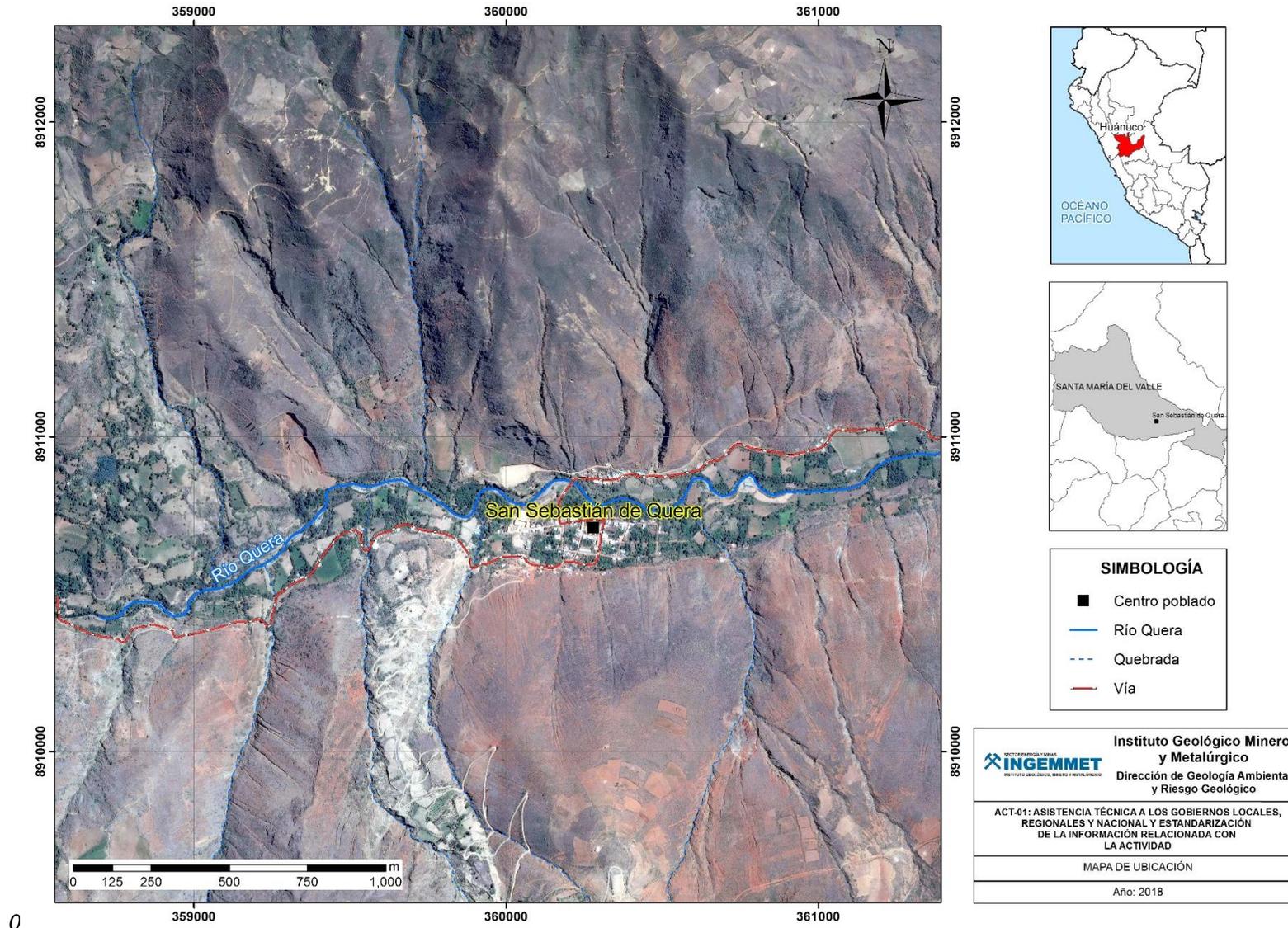


Figura 1. Mapa de ubicación

1.5 Metodología

La metodología seguida para elaborar este informe ha consistido de una **etapa previa** donde se realizó el compilado de toda la información base a cerca de la zona de estudio. Incluye la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas preliminares e información bibliográfica de boletines y artículos correspondientes al tema.

En la **etapa de campo** se procedió a realizar el cartografiado de procesos geológicos y geohidrológicos y la inspección de las zonas afectadas, en compañía de representantes del poblado de San Sebastián de Quera.

En la tercera etapa, se procesó la información obtenida en campo, y se elaboró el informe respectivo.

II. GEOLOGÍA

De acuerdo al mapa geológico del cuadrángulo de Huánuco (20-K) realizado por Quispesivana (1996), tenemos lo siguiente:

a) Complejo del Marañón:

Litológicamente se tienen esquistos, son de color grises, con venillas de cuarzo concordante con la esquistosidad.

La roca meteorizada presenta un color rojo con tonalidades amarillentas (foto 01). Se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturada en algunos sectores muy fracturada. Por ello que tenemos bloques sueltos hasta de 1 m, como y también fragmentos de roca del orden centimétrico.

En esta unidad se pueden generar procesos de deslizamientos y caída de rocas

b) Depósitos recientes:

Se tienen **depósitos aluviales** están conformado por gravas, con escasos bloques englobados en matriz areno-limosa. Los fragmentos de roca son de formas subredondeadas a redondeadas, son de diversa naturaleza. Estos se encuentran en ambos márgenes del río Quera.

Al pie de la ladera de la margen izquierda del río Quera en sector de Chacjaspampa se identificó un **depósito aluvial antiguo**, posiblemente producto de un represamiento antiguo del río Quera, conformado por arenas con gravilla, la disposición de los fragmentos de roca es en forma horizontal. Sobre estos se tienen **depósitos coluvio-deluvial** producto de antiguos movimientos en masa (foto 02). Los últimos se caracterizan por estar compuestos por fragmentos de roca de formas angulosas en matriz limosa.

En la margen derecha, sobre las laderas de los cerros se tienen depósitos coluvio-deluviales, se disponen en forma paralela a la pendiente del cerro. Los fragmentos de rocas son de formas angulosas, con escasa matriz.

Se identificó también **depósitos proluviales**, que provienen de quebradas, que presentan corrientes temporales de agua y lluvias, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos a manera de conos de deyección o abanicos en su desembocadura. Para el caso de San Sebastian de Quera (foto 3).



Foto 01. Rocas metamórficas, muy meteorizadas.

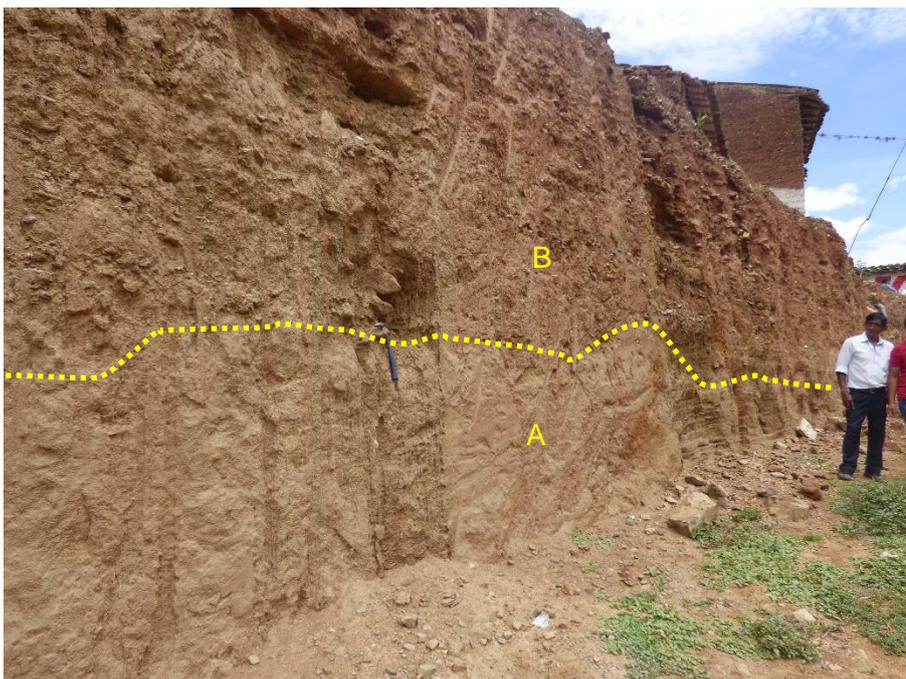


Foto 02. Depósitos aluviales antiguos (A) y coluvio-deluvial (B).



Foto 03. Depósitos coluvio-deluviales, los fragmentos de roca son de formas subangulosas.

III. GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente el área, se encuentra en montañas metamórficas y depósitos coluvio-deluviales. Se describen a continuación:

a) Montaña metamórfica.

Se caracteriza por presentar cerros que tienen laderas con pendiente de 25° a 30°, surcada por procesos de erosiones de ladera, las cimas son de formas suaves de formas convexas. Esta surcado por procesos de erosiones de ladera (foto 04). En esta unidad se presentan procesos de erosiones de ladera (surcos y cárcavas), derrumbes y deslizamientos.



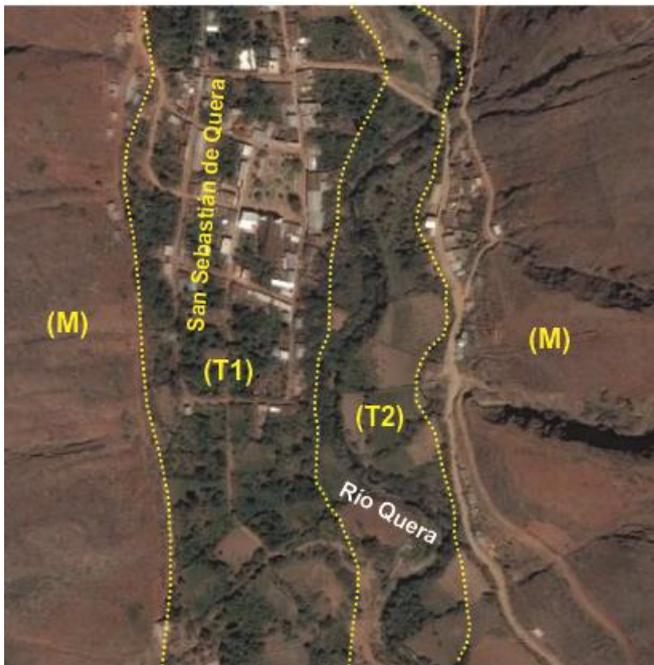
Foto 04. Se muestra la monaña metamórfica y la terraza aluvial

b) Terraza aluvial.

Se consideran dentro de esta unidad, a los terrenos planos de ancho variable, ubicados en los lados laterales del río Quera.

El río Quera está controlado por afloramientos de roca y depósitos provenientes de movimientos en masa.

Se tienen dos terrazas, una terraza baja inundable con avenidas ocasionales y otra alta donde se encuentra asentada San Sebastián de Quera. (figura 02). Esta última tiene altura variable entre 3m a 4m.



*Figura 02. Se muestra el sector de San Sebastián de Quera.
(T1) = Terraza alta.
(T2) = Terraza baja
(M) = Montaña metamórfica*

c) Piedemonte coluvio-deluvial

Se tienen tres sectores, dos en la margen izquierda del río Quera y otro en su margen derecha, estas geoformas provienen de procesos de movimientos en masa de tipo deslizamiento-flujo.

En la desembocadura de la quebrada hacia el río Quera, estos depósitos tuvieron formas de abanicos, que fueron erosionados por el río Quera.

Los depósitos tienen pendiente ligera hacia el valle que varía de 10°-15° hasta menor de 2° (foto 05 y figura 03). Están compuestos por detritos de naturaleza sedimentaria de tamaños variados.



Foto 05. Se aprecia el piedemonte (línea amarilla), depósito proveniente de un deslizamiento-flujo.



Figura 3. Unidades geomorfológicas del sector de San Sebastián de Quera.

- (A) = Montaña metamórfica
- (B) = Depósito proluvial
- (C) = Terrazas aluviales

d) Piedemonte proluvial.

Esta unidad geomorfológica está representada por antiguos depósitos de flujos de detritos o lodo, se encuentran canalizados por quebradas, alcanzan una altura aproximada de 2 m. Generalmente está compuesto por gravas, escasos bloques,

englobados en material limo arcillosos (foto 3). Se presentan a manera de conos o abanicos. Presentan altura variable hasta de 2 m.

IV. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL

Para entender los procesos del valle de río Quera, es necesario conocer las características morfológicas, drenaje y su comportamiento fluvial.

Según la clasificación de Smith 1980, el río Quera, en el sector de San Sebastián de Quera, se le catalogará como de drenaje de tipo rectilíneo con canal único.

Este río presenta un perfil tipo "V" (foto 06), son valles muy inestables, en sus laderas se presentan procesos de movimientos en masa (deslizamientos, flujos, derrumbes, etc.), que muestran su variación. Estos ríos tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva.



Foto 06. Valle en "V"

V. PELIGROS GEOLÓGICOS

Como resultado de los trabajos del estudio de Riesgos Geológicos de la Región Huánuco (Zavala y Vilchez, 2006) considera que la zona de San Sebastián de Quera como área de alta susceptibilidad para que se generen movimientos en masa¹ (figura 4), en el inventario de peligros geológicos identificaron procesos de flujos de detritos y erosiones de ladera.

En los trabajos de campo se identificaron procesos de erosiones de ladera activos, derrumbes recientes, deslizamientos rotacionales recientes y antiguos, un deslizamiento-flujo (figura 5).

¹ Mapa elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas: pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo)

5.1 Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros (figura 6). La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Normalmente la arroyada posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión.

Se identificó procesos de erosiones de ladera, que han disectado los suelos generados por la meteorización de la roca metamórfica.

a) Descripción del evento

Estos fenómenos se ubican en ambos márgenes del río Quera, se presentan a manera de surcos y cárcavas (foto 07 y figuras 05 y 06).



Foto 07. Ladera Sur del cerro Mashinca Punta, frente al sector de San Sebastián de Quera.

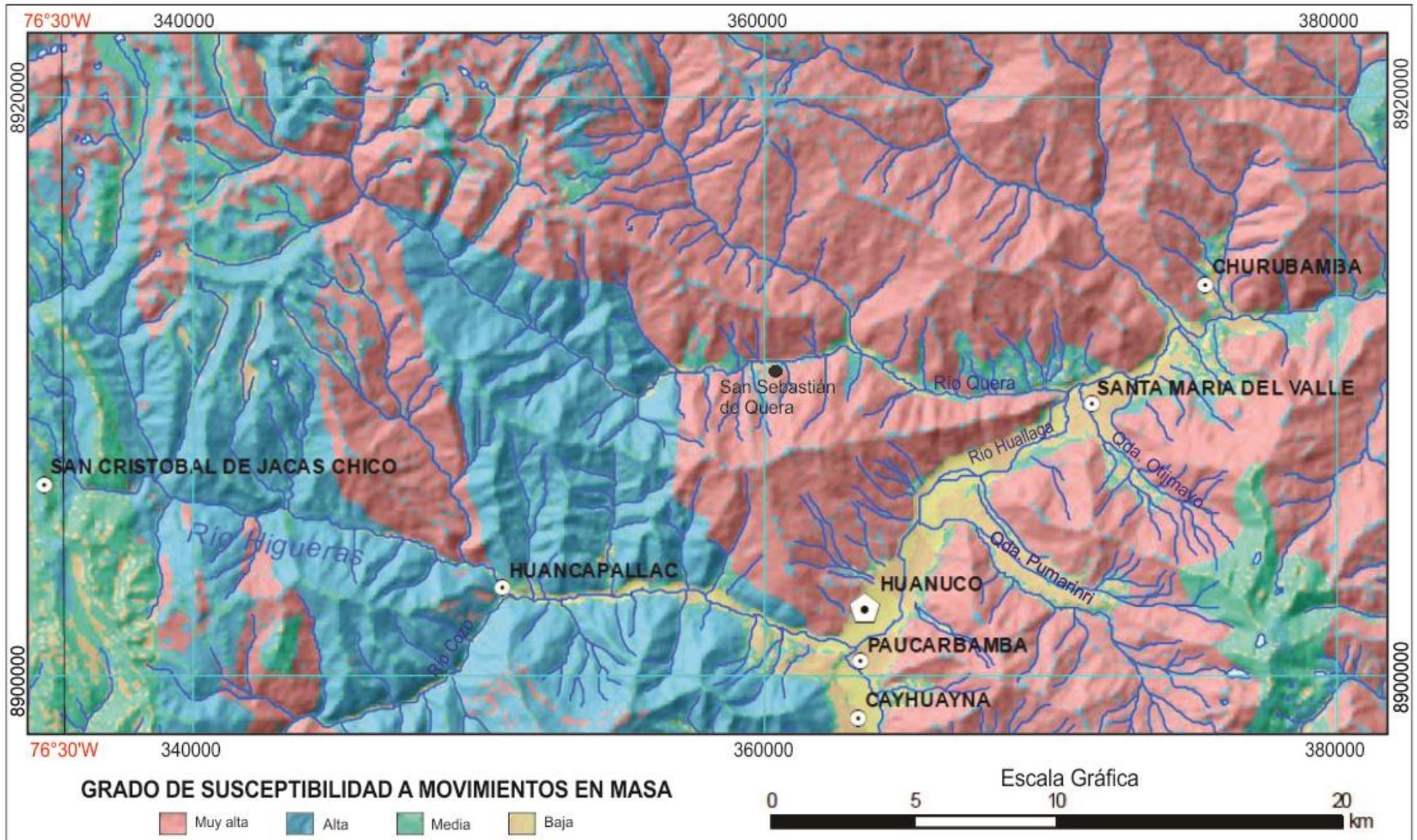


Figura 04. Zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa (tomado de Zavala y Vilchez, 2006).

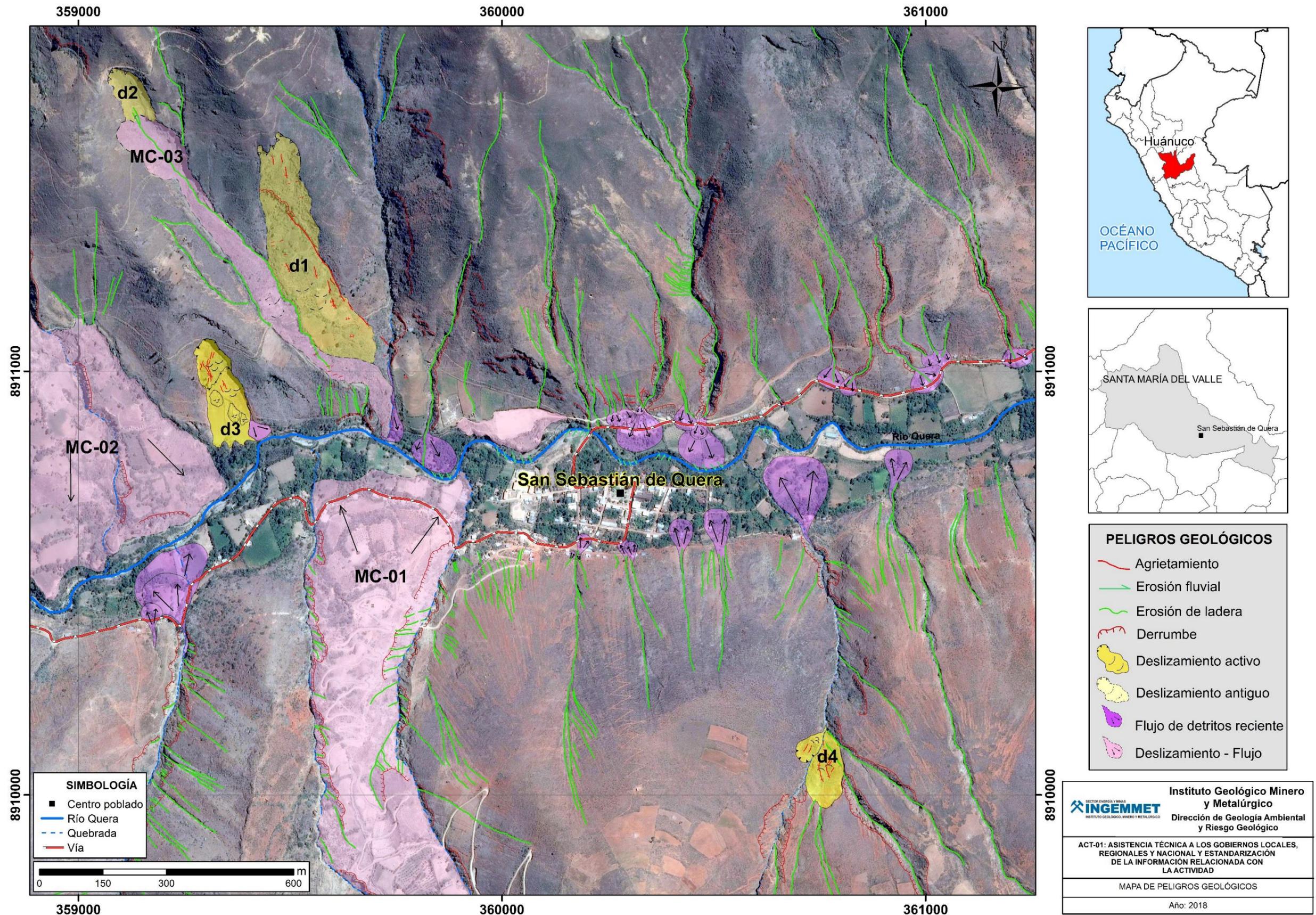


Figura 05: Peligros geológicos identificados en el sector de San Sebastián de Quera

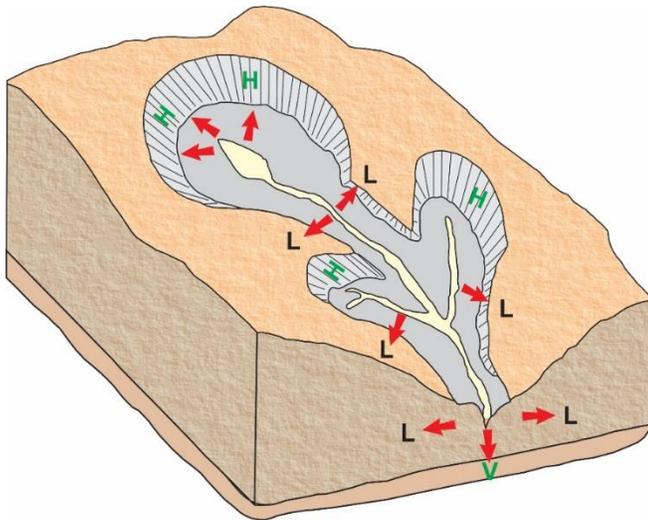


Figura 06. Forma como se manifiesta la erosión de laderas en una ladera de montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical (Tomado de: <http://cidta.usal.es>).

b) Causas:

- Terreno formado por suelos provenientes de rocas metamórficas altamente meteorizadas. Compuestos por gravas en matriz limo-arcillosa de fácil erosión. Fotos 08 y 09.
 - Pendiente del terreno, entre 20 a 30°. Foto 10.
 - Terreno deforestado que permite la infiltración de agua. Fotos 07, 08 ,09, 10 y 11.
- El factor desencadenante son las precipitaciones pluviales.

c) Características

Se observan procesos de erosiones en cárcava y surcos, en los primeros hacia sus lados laterales y superior, se generan derrumbes (procesos de ensanche y avance retrogresivo). Los segundos están dispuestos en forma paralela y longitudinal a las laderas (foto 11).

Las cárcavas tienen anchos entre 2 a 10 m, con profundidades que varían entre 4 a 5 m. En el cauce de la quebrada en formación, se aprecian limos, arcillas y bloques hasta de 1 m.

Estos procesos pueden generar flujos de detritos (huaicos), por la acumulación de material suelto en el cauce de la quebrada en formación (foto 10).



Fotos 08 y 09: Se muestra los procesos de erosiones de ladera.



Foto 10. Flujo de detritos formado por los procesos de erosión de ladera.



Foto 11. Procesos de erosiones de ladera que generan flujos de detritos o lodo, de activarse afectarían las viviendas ubicadas en la parte baja de la ladera y vía de acceso. Sector de Piscupata.

5.2 Derrumbes.

Son desprendimientos de masas de roca, suelo, detritos o combinaciones de estos. Se originan a lo largo de varias superficies irregulares, discontinuidades o fracturas. Suelen generar zonas de arranque irregulares, con desplome visible de material como una sola unidad, alcanzando dimensiones y longitudes variables desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (Figura 7). (Zavala y Rosado 2011).

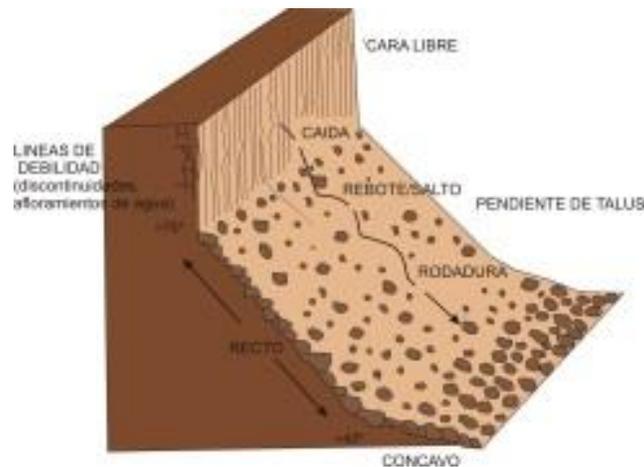


Figura 07. Esquema de una caída de rocas y derrumbe.

En ambas márgenes de las quebradas afluentes al río Quera se observan procesos de derrumbes. La zona de arranque de estos eventos es variable entre 10m a 200m, con alturas que varían entre 5 a 15 m y se ubican hacia los lados laterales de las cárcavas. Sus depósitos están formados por bloques de hasta 1 m de diámetro, gravas con escasa matriz arcillo-limosa.

Se aprecian escarpes inestables, que pueden generar nuevos eventos.



Foto 12. Derrumbes en el cuerpo del movimiento complejo (Mc-02). Zona de arranque delimitada con línea amarilla.

5.3 Deslizamientos

Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos, según la forma de la superficie de la escarpa por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la figura 08, se representa las partes principales de un deslizamiento.

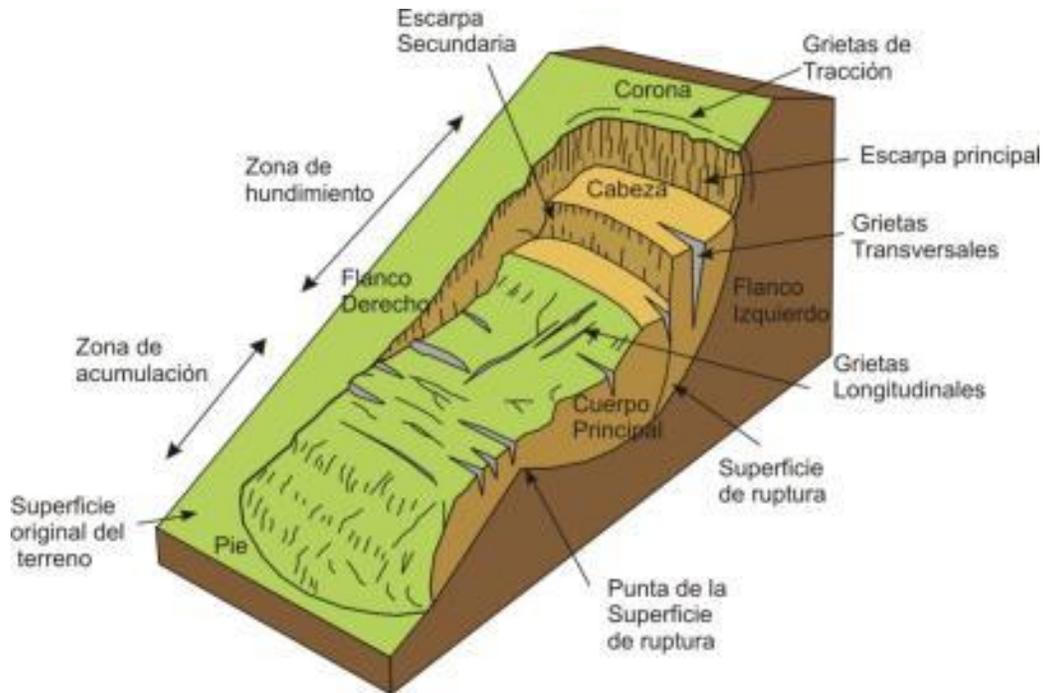


Figura 08. Esquema de un deslizamiento. (Cruden y Varnes, 1996)

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, están relacionadas con la litología del substrato, la pendiente del terreno, la presencia de agua entre otros. La acción humana puede favorecer su activación, por ejemplo: deforestación, construcción de caminos, canales, etc.

Es frecuente que deslizamientos antiguos aparentemente ya estabilizados, se vuelvan a reactivar ya sea por factores naturales o antrópicos.

En el área de San Sebastián de Quera, se tienen cinco sectores con deslizamientos, siendo sus causas:

- a) Suelos conformados por gravas, escasos bloques en matriz limosa-arcillosa. Que permite la filtración y retención del agua
- b) Substrato metamórfico, con fracturamiento a favor de la pendiente.
- c) Pendiente del terreno, entre 20° a 30°. Que permitió que la masa inestable se desplace cuesta abajo.

Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales intensas, así como los sismos.

Se describen las principales características de los deslizamientos ubicados en el área:

a) Deslizamiento (d1) Foto 13

- Deslizamiento rotacional antiguo.
- Escarpe de forma alargada, de 170m de longitud, el salto no es visible por estar erosionado.
- La distancia del pie del deslizamiento hacia el escarpe es de 510 m
- La corona esta a una altitud de 2455 m s.n.m. y el pie del deslizamiento a 2185 m s.n.m., se tiene una diferencia de cotas de 270 m.
- En el cuerpo del deslizamiento presenta ancho promedio de 100 m y agrietamientos del terreno, el principal tiene una dirección noroeste, y otros en dirección norte-sur. Esta conformado por bloques y gravas, englobadas en matriz limo-arcillosa.
- Se tienen evidencias reactivación.

b) Deslizamiento (d2) Foto 13

- Deslizamiento rotacional antiguo
- Escarpe de forma alargada, de 170m de longitud, el salto no es visible por estar erosionado.
- La distancia del pie del deslizamiento hacia el escarpe es de 135 m
- La corona está a una altitud de 2550 ms.n.m. y el pie del deslizamiento a 2480 ms.n.m., se tiene una diferencia de cotas de 70 m.
- En el cuerpo del deslizamiento tiene una dirección nor-oeste

c) Deslizamiento (d3) Foto13

- Deslizamiento rotacional antiguo reactivado en la parte superior.
- La escarpa principal es de forma semicircular, con longitud de 160 m, salto no visible por estar erosionado.
- La escarpa de la zona reactivada presenta una longitud de 100m, es de forma alargada-parabólica. Presenta salto variable entre 10m a 15m.
- La distancia entre el pie del deslizamiento y la escarpa de la reactivación es de 250.
- La escarpa de la zona reactivada se encuentra a una altitud de 2235 ms.n.m., el pie a 2095 ms.n.m., haciendo una diferencia de cotas de 140 m.
- En el cuerpo del deslizamiento se aprecian escarpes y formación de nuevos deslizamientos con coronas de longitudes de hasta 40 m.
- En el cuerpo del deslizamiento presenta ancho promedio de 80 m., se aprecian agrietamientos del terreno con dirección principal NO-SE, siguiendo la dirección del desplazamiento de la masa del deslizamiento.
- Se aprecia un flujo de detritos. que se inicia en el lado izquierdo del deslizamiento.



Foto 13. Margen izquierda del río Quera, se aprecian deslizamientos (d1, d2, d3) demarcados con líneas amarillas y un movimiento complejo (mc1) con línea roja.

En el momento de la inspección, se observó sobre el centro poblado el canal de regadío, sin uso, Bado Pampa-Quera-Tranca (foto 14), de 40 cm de ancho y revestimiento defectuoso. Este canal se ubica en la margen derecha del río Quera. De seguir sin revestimiento, el agua que transporta, se va a filtrar, esto va a contribuir con la saturación del terreno.



Foto 14. Canal de regadío, con revestimiento defectuoso.

5.4 Flujo de detritos (huaico)

Eventos cuyo desplazamiento presenta un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Pueden originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) (figura 09) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo, se tienen flujos de detritos (huaicos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

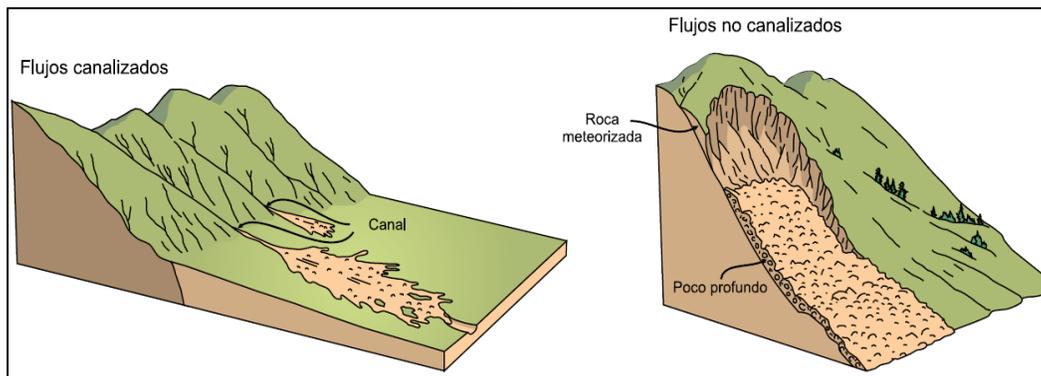


Figura 09. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

Se tienen eventos ubicados en ambas márgenes del río Quera, que provienen de los procesos de erosiones de ladera.

Los depósitos están conformados por gravas y escasos bloques, englobados en matriz limosa. Los fragmentos de roca son de formas subangulosas.

Se tiene un flujo en la margen izquierda de un deslizamiento, presenta un ancho de hasta 55 m (figura 10). este material llegó hasta el río Quera, pero no logro represarlo (fd 1).



Figura 10. Flujo de detritos, margen izquierda del río Quera

5.5 Movimientos complejos

En el sector de San Sebastián de Quera, se cartografiado procesos tipo deslizamientos-flujos (foto 15).

Se describen los eventos encontrados.

a) Movimiento complejo (mc 01)

- Deslizamiento-flujo antiguo. Comienza como deslizamiento rotacional y termina como flujo de detritos.
- La corona tiene forma elongada, con longitud de 220 m, en el flanco izquierdo presenta un salto visible de 15 m, y en el flanco derecho se encuentra erosionado.
- En la parte superior, hacia el lado izquierdo, la escarpa principal tiene saltos entre 10 a 15 m.
- Al desplazarse cuesta abajo el flujo, llegó hasta las inmediaciones del río Quera, por evidencias geomorfológicas lo alcanzó a represar, prueba de ello tenemos el material del deslizamiento-flujo en la margen izquierda, que tiene la forma de una terraza (foto 15).
- La escarpa está a una altitud de 2555 m.s.n.m., el pie del flujo a 2080 m.s.n.m., hace una diferencia de cotas de 470 m.
- El material que conforma el depósito son arenas, limos, gravas y bloques, distribuidos en forma caótica. Los fragmentos de roca son de formas angulosas.
- En ambos flancos del depósito se tienen procesos de derrumbes, ocasionados por la erosión fluvial en tiempos de crecidas.



Foto 15. Parte del depósito generado por un deslizamiento-flujo (A), este depósito llegó a represar al río Quera. El depósito provino de la margen derecha del río Quera. Con líneas rojas los depósitos de los movimientos complejos., color amarillo los deslizamientos

b) Movimiento complejo (mc 02).

- Deslizamiento-flujo antiguo. Comienza como deslizamiento rotacional y termina como flujo de detritos.

- La escarpa principal del deslizamiento, tiene una longitud de 820 m, de forma semicircular², no se parecían los saltos por estar erosionado.
- Al desplazarse cuesta abajo, llega hasta las inmediaciones del río Quera, pero sin llegar a represarlo. Es muy probable que lo halla hecho migrar hacia la margen izquierda.
- La escarpa está a una altitud de 3070 m s.n.m., el pie del flujo a 2095 m s.n.m., hace una diferencia de cotas de 985 m.
- El flujo termina en forma de cono, con una longitud de 445 m.
- El cuerpo del evento se encuentra disectado por procesos de erosiones de ladera, donde se producen derrumbes, generando el avance retrogresivo de la cárcava, hacia los lados laterales del depósito se tienen procesos de derrumbes, ocasionados por la erosión fluvial.
- La altura del depósito visible en la desembocadura es hasta de 40 m.

c) Movimiento complejo (mc 03).

Según lo observado en la imagen satelital se observó lo siguiente:

- Deslizamiento-flujo antiguo. Comienza como deslizamiento rotacional y termina como flujo de detritos.
- La escarpa principal del deslizamiento, tiene una longitud de 270 m, es de forma alargada³, no se parecía el salto principal por estar erosionado.
- Al desplazarse el material cuesta abajo, lo realiza a manera de flujo, llegó hasta las inmediaciones del río Quera, sin llegar a represarlo.
- El flujo termina en forma de abanico, con una longitud de 260 m.
- El cuerpo del evento se encuentra disectado por procesos de erosiones de ladera, donde se generan derrumbes, por el avance retrogresivo de la cárcava.
- En los lados laterales se están presentando derrumbes, que tienen zonas de arranque variables.

5.6 Peligros geohidrológicos

a) Erosión fluvial

Los ríos juveniles, con perfil típico en "V", son muy caudalosos y con comportamiento hídrico irregular, inestables, por ello que erosionan sus paredes laterales, inestabilizando las laderas, generando deslizamientos y derrumbes. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva. Es por ello que forman riadas y avenidas en épocas de intensas precipitaciones.

Según Diez (2002), durante un evento de crecida se produce una notable variación en los campos de velocidades de la corriente, lo que conlleva la modificación de la distribución espacial de los puntos donde se producen las acciones elementales clásicas de los procesos fluviales (erosión, transporte y sedimentación) y su concatenación.

² Datos extraídos del Google Earth, esta zona no se muestra en el mapa.

³ Datos extraídos del Google Earth, esta zona no se muestra en el mapa.

Por lo mencionado, se tiene un río sinuoso (figura 11), donde se presentan procesos de erosión fluvial.



Figura 11. Se muestra al río Quera, en forma sinuosa y zonas con procesos de erosión (líneas verdes).

Causas:

- Terraza conformada por grava de forma subredondeadas, los elementos están englobados en matriz limo-arenosa. Poco consolidados.
- Falta de cobertura vegetal, que fija el terreno.
- Desmonte en ciertos sectores de la margen derecha, que estrechan el cauce natural del río y distorsionan su dinámica provocando erosión en sectores no previstos.

Factor desencadenante lluvias extraordinarias.

A la altura del puente de acceso al sector a San Sebastián de Quera (fotos 16 y 17), en la margen derecha del río Quera, se presentaron procesos de erosiones, que en la actualidad están controlados por defensas ribereñas (gaviones). Es importante advertir que sobre la defensa se está acumulando desmonte, con la finalidad de hacer una terraza.

Es de considerar que esta zona es de alta susceptibilidad a procesos de erosión e inundación pluvial, por lo cual debe ser declarada como intangible. Por ningún motivo debe construirse viviendas o infraestructura. En esta zona se debe arborizar, con la finalidad de incrementar las defensas ribereñas.



Foto 16. Margen derecha del río Quera, rellena con desmonte.



Foto 17. Margen derecha del río Quera. Se aprecia la defensa ribereña (línea amarilla). Sobre ella se está rellanando con desmonte. Esta zona no debe ser ocupada, debe ser declarada intangible.

VI. MEDIDAS CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para los peligros identificados en la zona, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de procesos de erosiones de ladera, deslizamientos, derrumbes, y flujos, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

6.1 Para zonas de cárcavas y flujos

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

Las zonas donde existen cárcavas de gran longitud y presenten un desarrollo irreversible, donde no se pueden corregir con labores de cultivo, **se debe prohibir terminantemente cualquier actividad agrícola**. El control físico de zonas con procesos de cárcavamiento debe de ir integrado a prácticas de conservación y manejo agrícola de las laderas adyacentes por medio de:

- Regeneración de la cobertura vegetal.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.

Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 12, 13, 14 y 15).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figuras 12 y 16), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible, y finalmente evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.

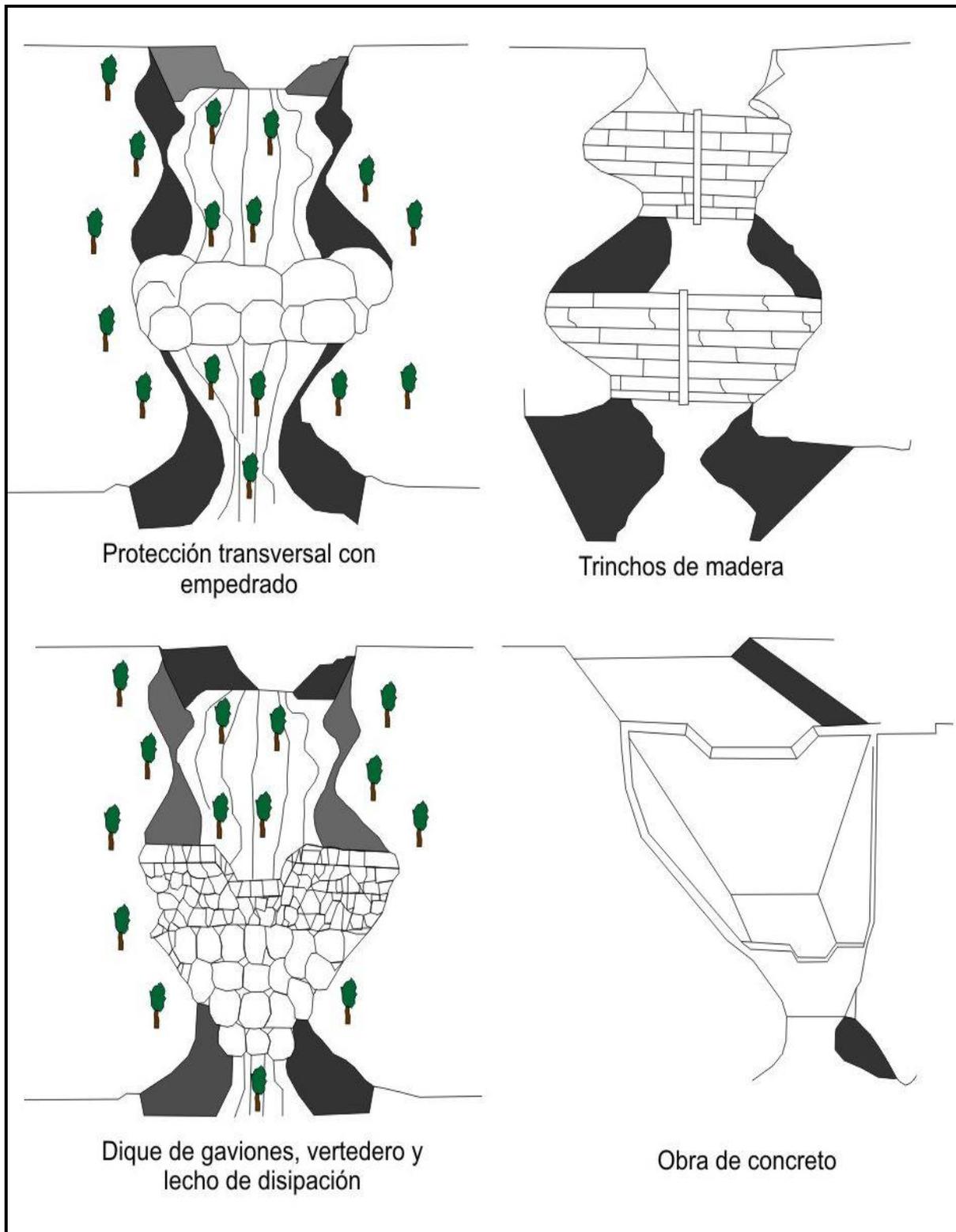


Figura 12. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

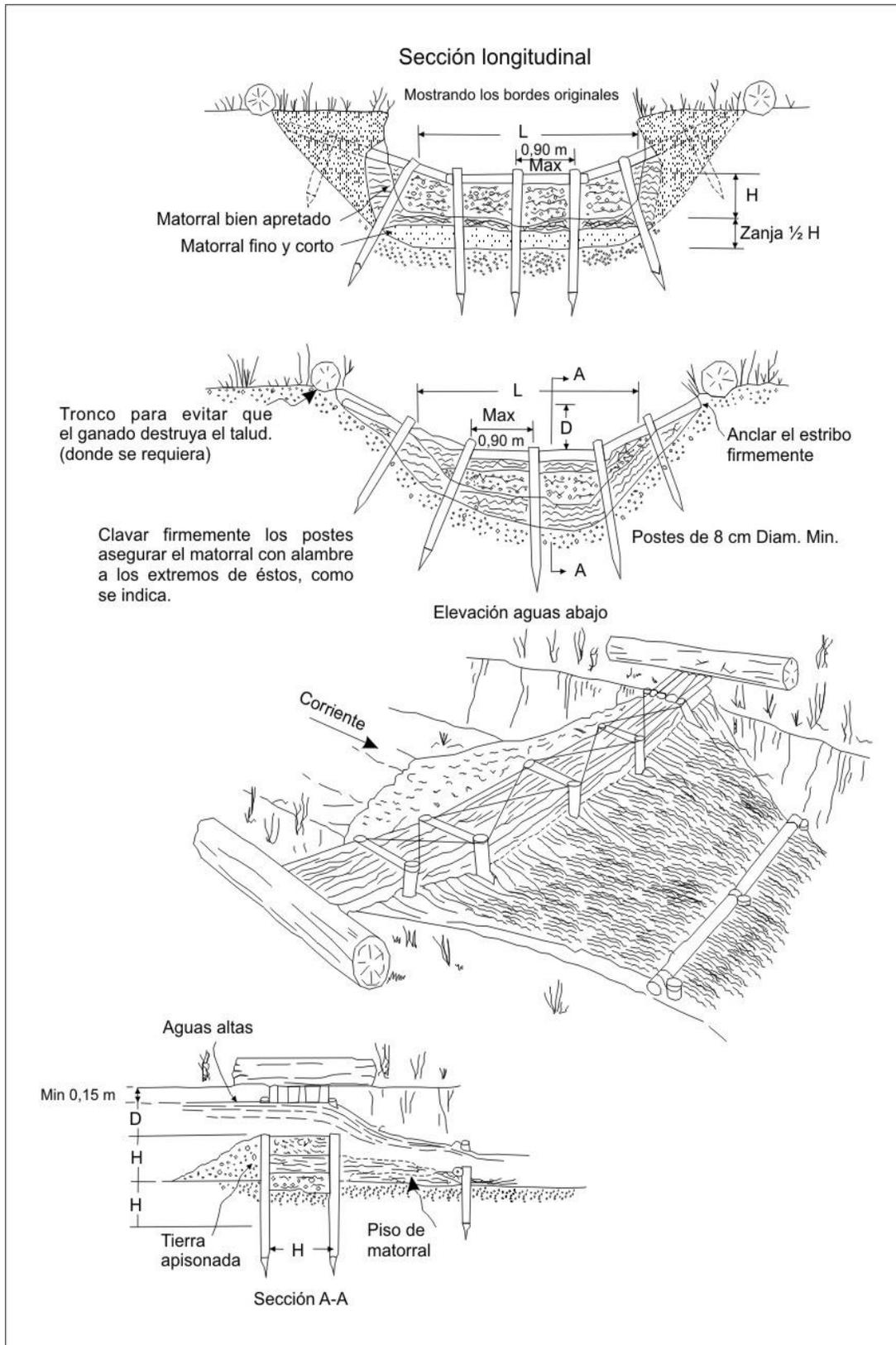


Figura 13. Trincho o presa de matorral tipo doble hilera de postes.

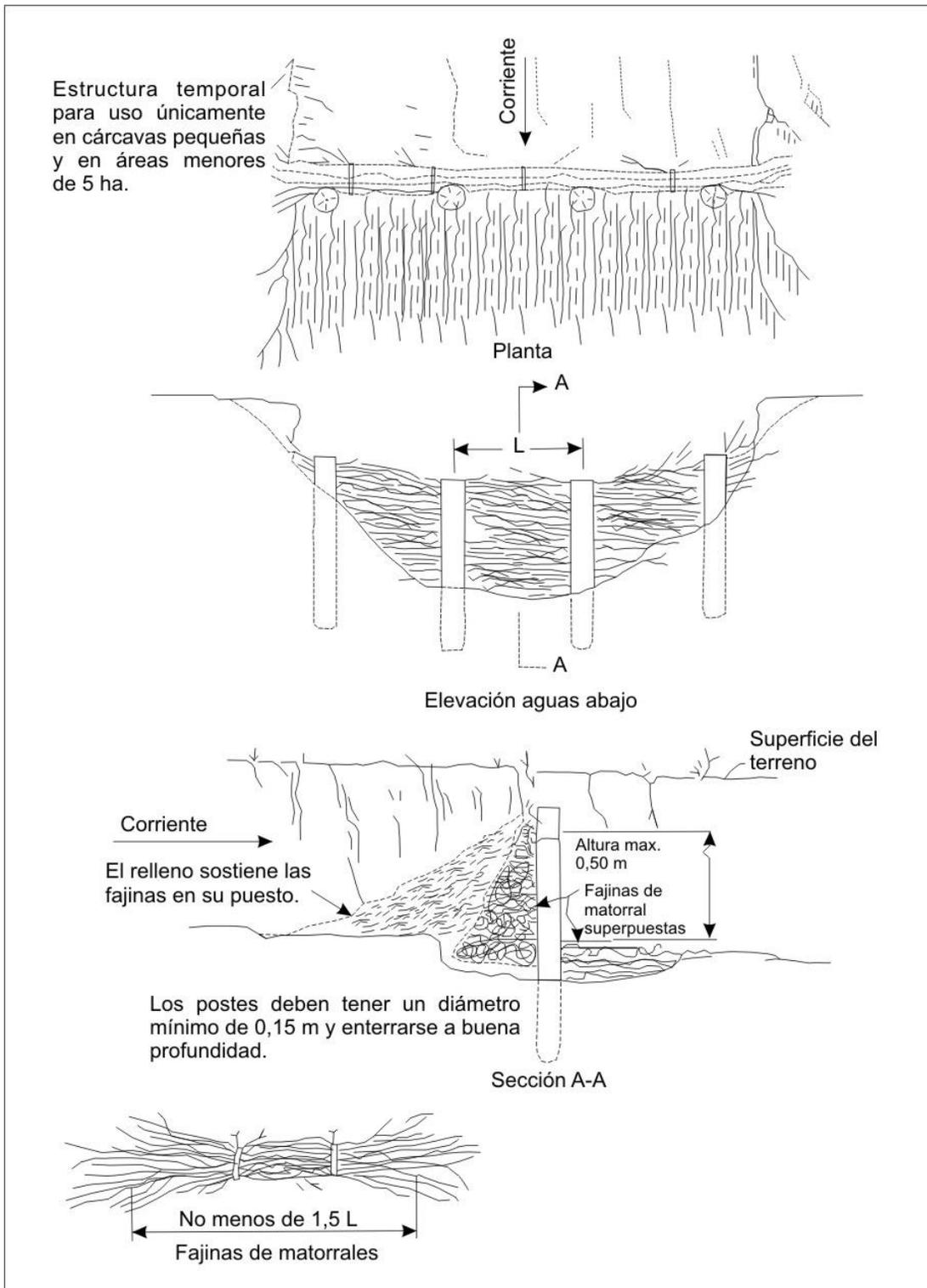


Figura 14, Trincho o presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

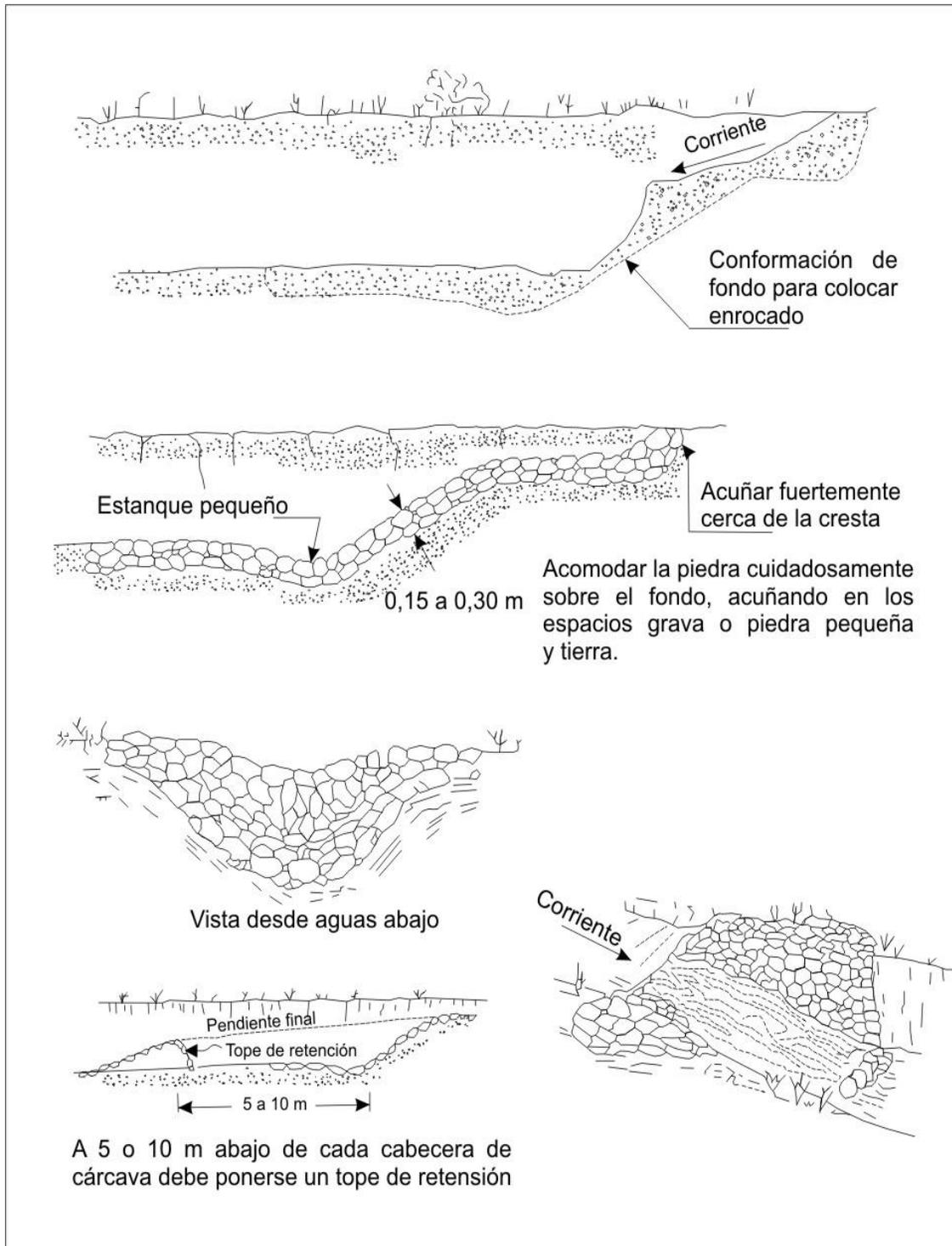


Figura 15. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

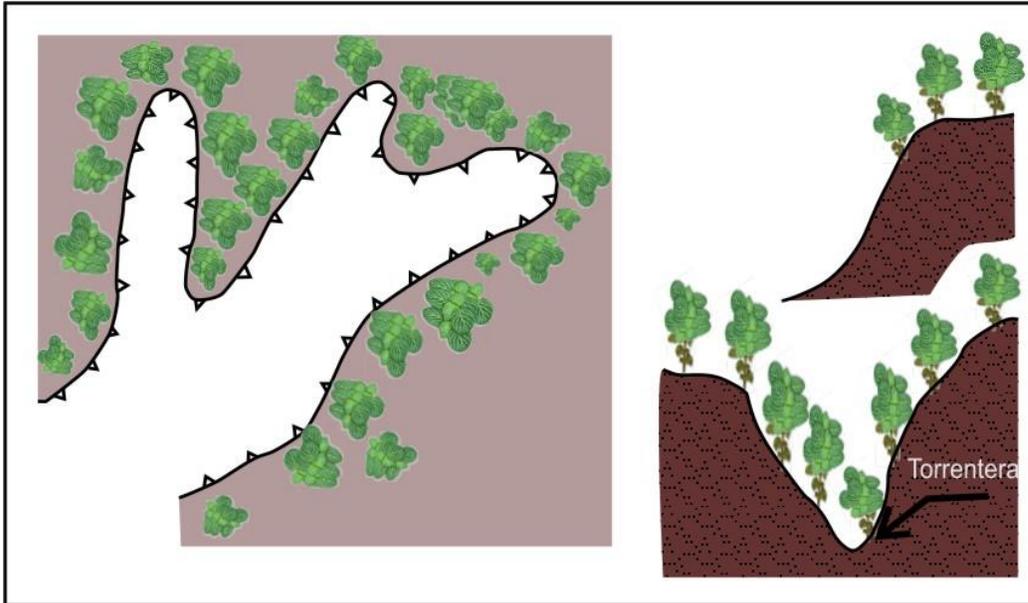


Figura 16. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

6.2 Medidas para deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas

Las medidas correctivas se pueden realizar en: 1) taludes en construcción, 2) laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, 3) para estabilizar fenómenos de rotura, sobre todo aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros, sean de tipo constructivo o económico.

A) Corrección por modificación de la geometría del talud

Cuando un talud es inestable o su estabilidad es precaria se puede modificar su geometría con la finalidad de obtener una nueva disposición que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo incrementando el volumen en el pie del mismo.

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.

Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 17 y 18).

El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho.

Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante pues en caso contrario su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso. Puede ser necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno drenante y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

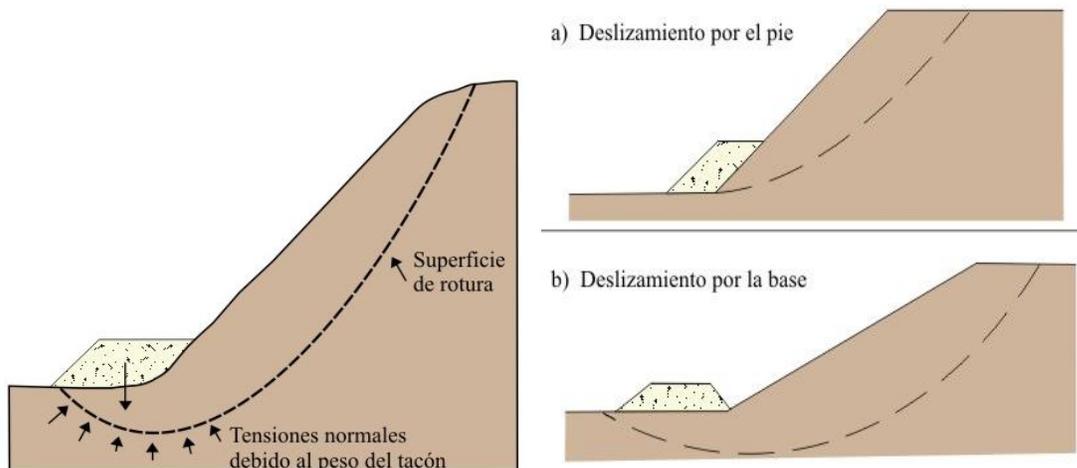


Figura 17. Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

Figura 18. Colocación de escolleras.

Tratamiento de taludes con escalonamiento: Es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales. Figura 19.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.

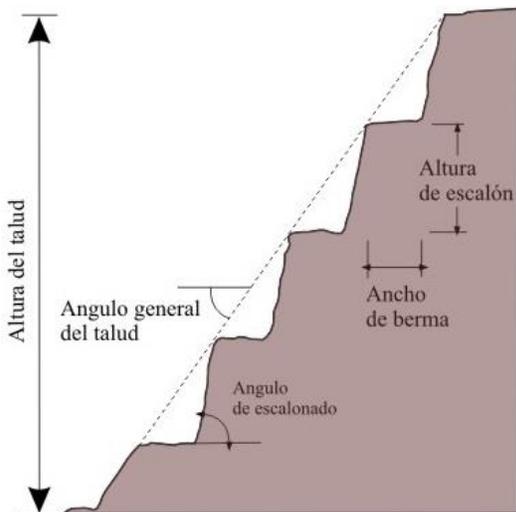


Figura 19. Esquema de un talud con bermas intermedias.

B) Corrección por drenaje

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 20).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

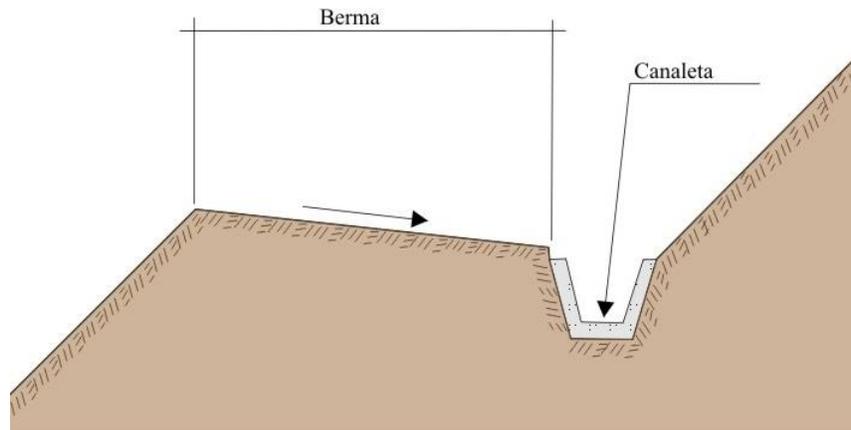


Figura 20. Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 21).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 22). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse

deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos. Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro, frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

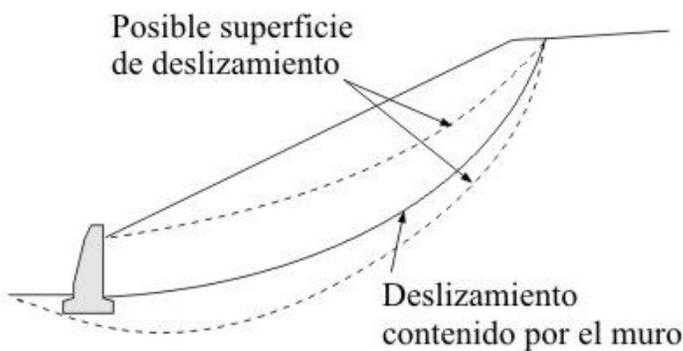


Figura 21. Contención de un deslizamiento mediante un muro.

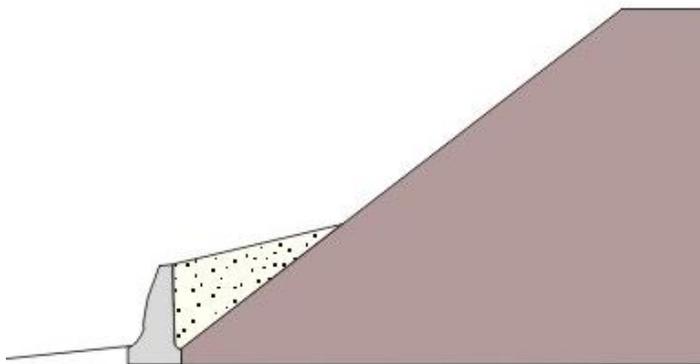


Figura 22. Relleno estabilizador sostenido por el muro.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 23):

- Muros de sostenimiento: Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- Muros de contención: Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- Muros de revestimiento: Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

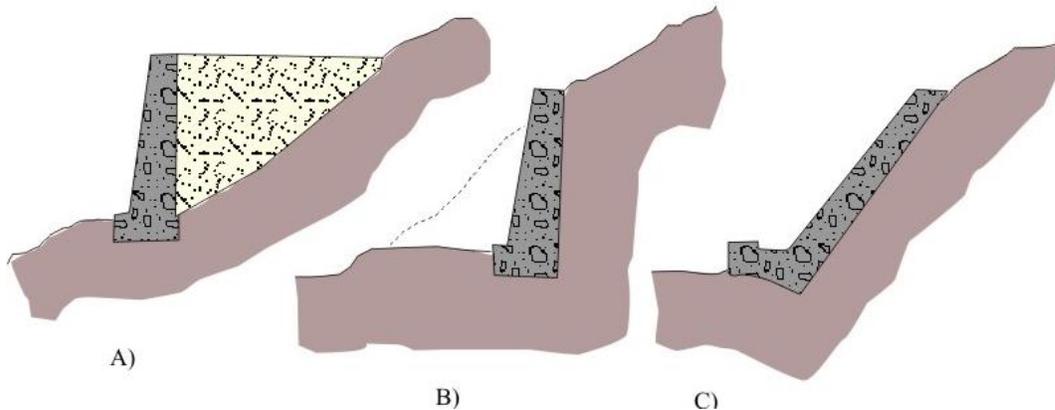


Figura 23. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 24A, 24B, y 25).

Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

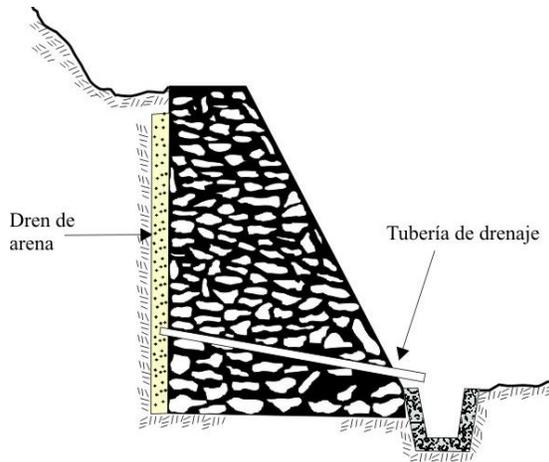


Figura 24A). Muros de gravedad de piedra seca.

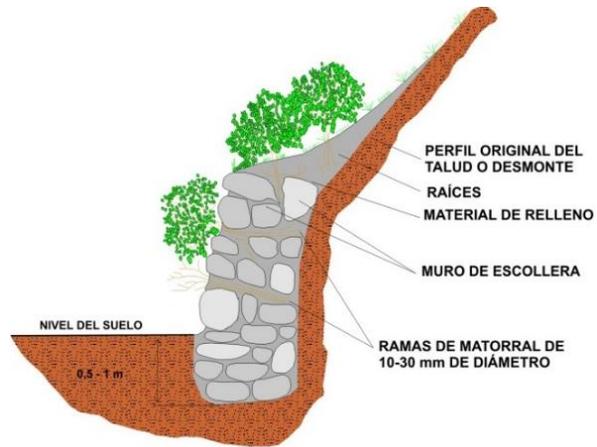


Figura 24B) Muros de gravedad de piedra argamasada.

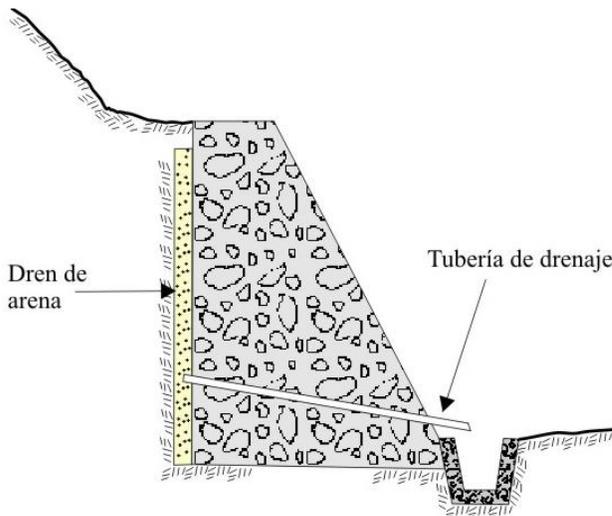


Figura 25. Muros de gravedad de concreto ciclópeo.

Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 26).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1,7 a 2,4.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

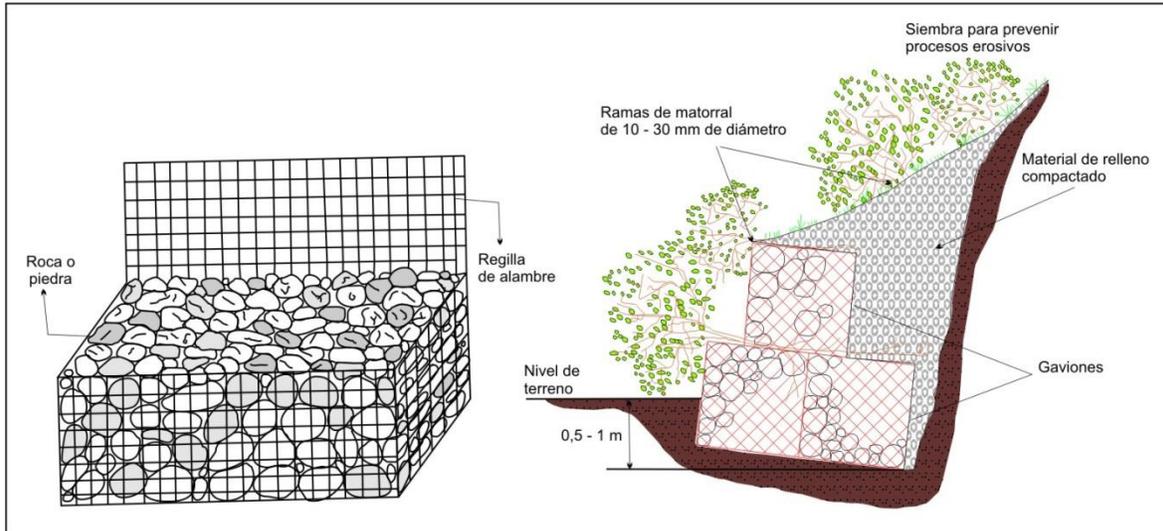


Figura 26. Muro de gavión

D) Correcciones superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.
- Eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan.
- Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

Se cubre con ellas la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud.

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

6.3 Otras medidas de prevención para deslizamientos y cárcavas

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

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, porque esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda ejecutada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización, en la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos, se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración a curvas de nivel con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales.

6.4 Sectores a reubicar

Se tienen dos sectores a reubicar (Figura 27).

- **Sector A**

Este se ubica en la margen izquierda del río Quera, en una montaña metamórfica, afectada por procesos de erosiones de ladera y flujos de lodo o detritos.

En la falda del cerro, se observan casas construidas, que en caso de lluvias excepcionales, serían afectadas por los procesos mencionados. Es necesario que no se fomente el crecimiento urbano hacia este sector.

- **Sector B**

Se ubica en la margen derecha del río Quera, en una montaña metamórfica, afectada por procesos de erosiones de ladera y flujos de lodo.

Las casas se encuentran en la falda del cerro y alineadas a la vía de acceso. En caso de lluvias intensas podrían, las viviendas serían afectadas por procesos de erosiones de ladera y/o flujos de lodo. Es necesario detener el crecimiento urbano en esta zona, debe ser declarada como intangible.



Foto 18. Sector A. Se observa viviendas que pueden ser afectadas por erosiones de ladera y flujos de lodo o detritos.



Foto 19. Sector B, afectado por procesos de erosiones de ladera.

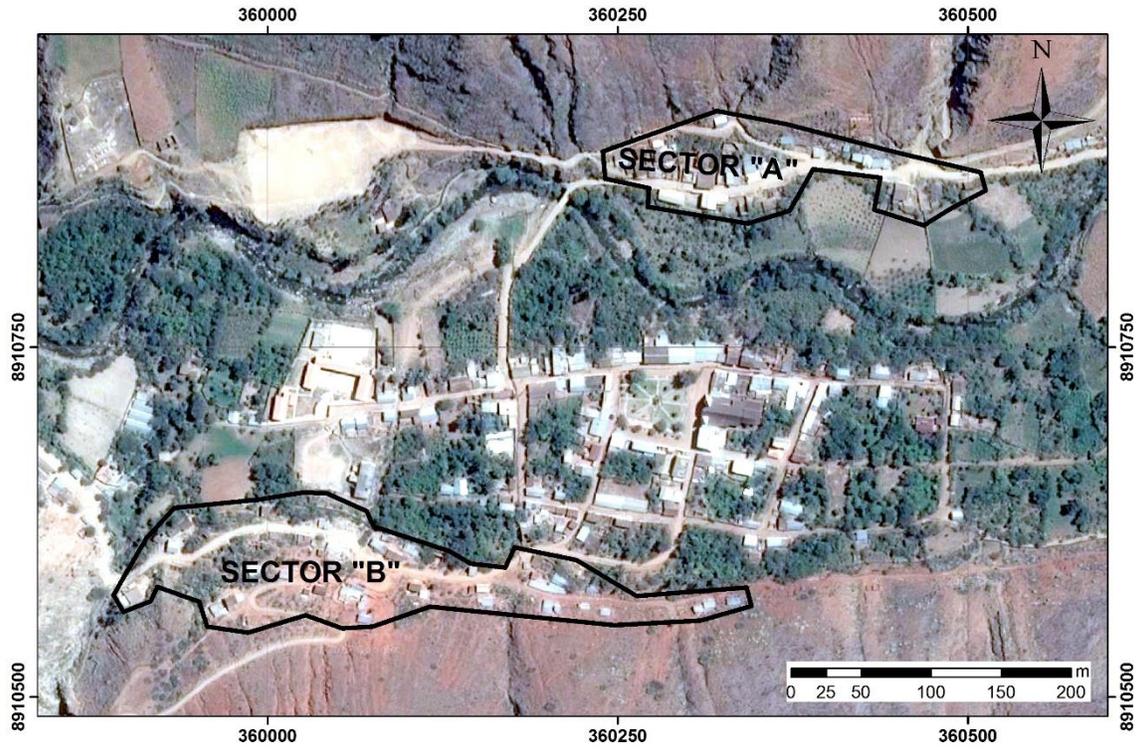


Figura 27. Se muestran lo sectores "A" y "B" que tienen que ser reubicados

CONCLUSIONES

- 1) En el sector San Sebastián de Quera se presentan procesos de erosiones de ladera, flujos, derrumbes, deslizamientos y erosión fluvial, las dos primeras afectan directamente a la población y vías de acceso. Los deslizamientos recientes afectan vías de acceso. La erosión fluvial puede afectar puente carrozable y terrenos de cultivo.
- 2) Los procesos de erosión de laderas, por la manera de avance retrogresivo, generan derrumbes en sus flancos. El material suelto generado se acumula en el cauce de la quebrada. Esto puede conllevar a generar flujos de detritos o lodo. Los eventos que se generarían, afectarían las viviendas ubicadas en las faldas de la montaña.
- 3) El material que conforma el suelo, permite la filtración y retención del agua.
- 4) Los procesos de erosión fluvial, se incrementan por el estrechamiento del cauce del río (aguas arriba del puente).
- 5) La zona cercana al borde del río Quera, debe ser declarada como intangible; no debe ser ocupada para fines urbanísticos o construcción de infraestructura. Puede ser afectado por proceso de erosión fluvial.
- 6) Las causas que generan procesos de erosión de laderas y flujos son:
 - a) Rocas metamórficas de mala calidad, se encuentra medianamente a muy fracturada (se originan fragmentos de roca con tamaños variables entre 80 cm. a 10 cm.). Predominando los de 10 a 15 cm. con matriz limo-arcillosa. Se encuentra moderadamente meteorizada.
 - b) Pendiente del terreno mayor a 20°, permite que el material inestable en la superficie sea erosionado fácilmente y se generen procesos de erosivos.
 - c) Falta de cobertura vegetal, esto permite una fácil erosión de la ladera.
El factor desencadenante son intensas precipitaciones pluviales.
- 7) Los procesos de erosión de laderas, tienen disposición paralela, estos siguen la dirección del fracturamiento predominante de la roca.

RECOMENDACIONES

- 1) Reubicar las viviendas que se encuentran enmarcadas como zona “A” y “B”, en caso de lluvias extraordinarias ambas zonas pueden ser afectadas por procesos de erosiones de laderas y flujos. La reubicación debe estar a cargo de la Municipalidad de Santa María del Valle.
- 2) Reconstruir el canal de regadío, este debe ser revestido completamente.
- 3) Forestar el lecho y borde de las quebradas (cárcavas) para evitar el progreso de la erosión de laderas.
- 4) En los cauces de las quebradas, implementar un sistema de control de erosión, para evitar su crecimiento o ampliación lateral de la cárcava.
- 5) No permitir el crecimiento urbano en las laderas de los cerros o zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas).
- 6) En la zona inundables, no permitir el crecimiento urbano o construcción de obras de infraestructura.
- 7) Mantener e incrementar las defensas ribereñas.
- 8) Rediseñar el puente de acceso a San Sebastián de Quera, en lo posible aumentar la longitud del puente, porque en la actualidad esta estrechando el cauce del río.
- 9) No realizar cortes de talud inadecuados, porque desestabilizan el talud.
- 10) Tomar en cuenta la información de INGEMMET, “Riesgo Geológico en la Región Huánuco-Boletín 34 Serie C” para la elaboración de perfiles, expedientes técnicos de proyectos, elaboración de planes y obras de prevención de la región.
- 11) Antes de efectuar cualquier obra de infraestructura en la zona, se deben realizar previamente estudios de detalle, que sustenten adecuadamente y respalden toda acción a realizar.
- 12) Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas.

REFERENCIAS

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

Hungr, O. & Evans, S., 2004, *Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism*: Geological Society of America Bulletin, V.

Diez, A. (2002). Condiciones geomorfológicas de las avenidas y cálculo de caudales y calados. En: "Riesgos Naturales". Ayala-Carcedo, F. & Olcina, J. Ariel Ciencia. 921-967 Págs.

Zavala, B. y Vilchez, M. (2006) – Estudio de *Riesgos Geológicos en la Región Huánuco*. INGEMMET, Lima-Perú. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 34, 177 p., 16 mapas.

Zavala, B. y Vilchez, M. (2006) – Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Huánuco. INGEMMET, Informe Técnico Preliminar. Dirección de Geología Ambiental, 39 p., 01 mapa.

PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. *Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas*. Publicación geológica multinacional N° 4, 404 p., Canadá.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI (2003), *Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo)*. En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. Págs. 310-311.

Quispesivana, L. (1996). *Geología del Cuadrángulo de Huánuco*. INGEMMET, Lima – Perú, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional N°75, 138 p., 01 mapa.

VARNES, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L.& Krizek, R.J., eds., *Landslides, analysis, and control*. Washington, DC: National Research Council, Transportation Research Special Report 176, p. 11-33.