

Informe Técnico N° A6838

DESLIZAMIENTO – FLUJO DE DETRITOS EN EL SECTOR CANCAL

Región Ancash
Provincia Bolognesi
Distrito Huasta
Paraje Cancal



DOREEN CARRUYO RUÍZ
SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ

OCTUBRE
2018

CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN	3
2.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	4
3.0	PELIGROS GEOLÓGICOS	8
3.1	MARCO CONCEPTUAL	8
	MOVIMIENTOS EN MASA	8
	FLUJOS	8
	OTROS PELIGROS GEOLÓGICOS	9
3.2	DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CANCAL	9
4.0	FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES	13
4.1	PENDIENTE	13
4.2	CONDICIONES GEOLÓGICAS	15
4.3	CONDICIONES CLIMÁTICAS	15
4.4	DAÑOS	16
	CONCLUSIONES	25
	RECOMENDACIONES	26
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1.0 INTRODUCCIÓN

El caserío Cancal (3200 m.s.n.m) perteneciente a la Comunidad de Machcos, se encuentra localizado a 14,5 Km al Sur-Este de la ciudad de Chiquián, en el distrito Huasta, provincia Bolognesi, región Ancash.

Desde el año 2014 la zona de estudio viene siendo afectada por peligros geológicos del tipo movimientos en masa, tales como caídas de rocas y deslizamientos de tierra en el cerro Shumac. Producto, de la erosión hídrica y la calidad del macizo rocoso: alto grado de fracturamiento y alteración en las rocas que conforman las laderas del sector.

Durante el fenómeno del Niño Costero 2017, las intensas precipitaciones pluviales anómalas registradas, entre los meses de enero a marzo detonaron un deslizamiento de tierra, que desencadenó varios flujos de detritos (producto de la saturación de los materiales superficiales).

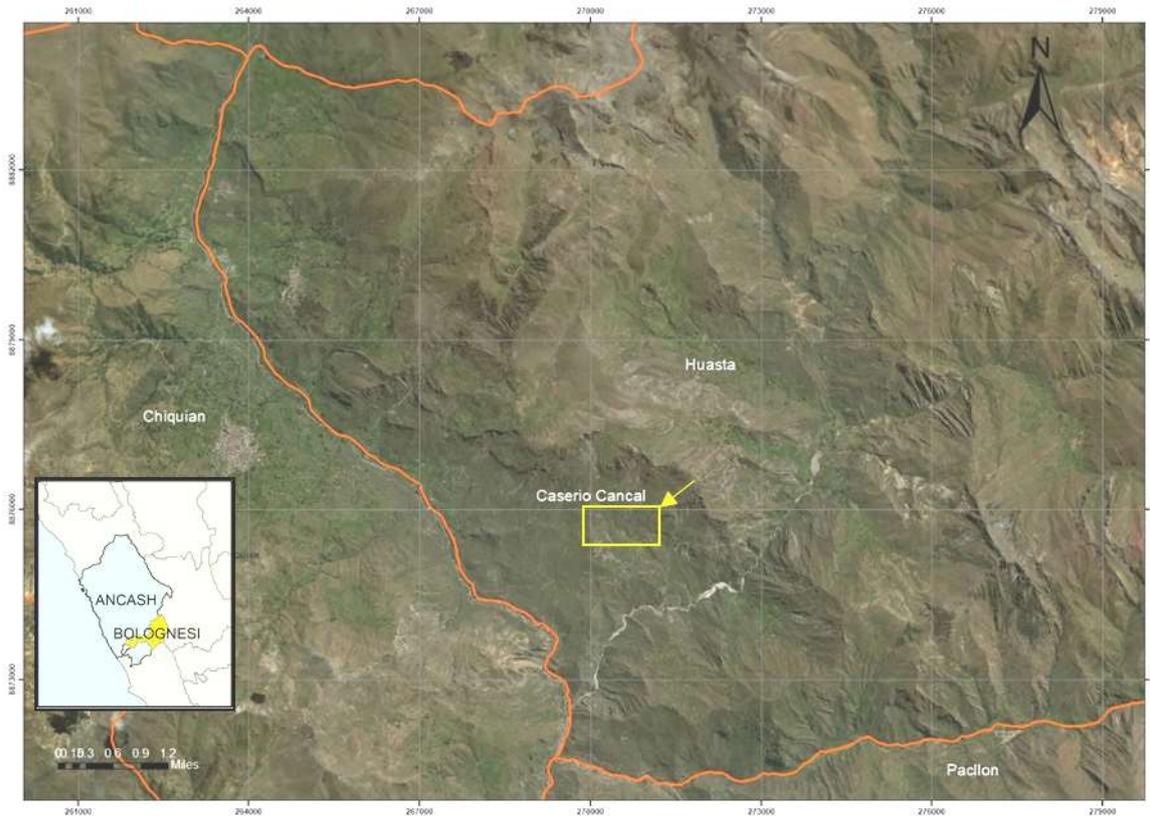
Estos flujos descendieron hasta el pie de la ladera y recorrieron una distancia de aproximadamente 3.20 km en dirección sur hasta depositarse en el río Quero (2809 m.s.n.m); en su recorrido alcanzó y afectó toda la infraestructura y áreas de cultivo del sector Cancal.

Como medida preventiva, la comunidad campesina de Cancal se ha reubicado, de manera temporal, a una zona cercana evitar su exposición frente a eventos similares.

Los trabajos se realizaron a solicitud del Presidente de la comunidad campesina de Machcos, **Sr Sivestre A. Velasquez Valdez** mediante Oficio N° 010-2018/CCM/P, de fecha 10 de Marzo del 2018, en el cual solicita al INGEMMET OD – Ancash una evaluación geodinámica, en el sector Cancal.

La solicitud fue atendida el día 22 de marzo del 2018, con autorización del Coordinador de los Órganos desconcentrados del INGEMMET, con la participación de la Ing. Doreen Carruyo Ruiz quien brinda apoyo profesional en la Oficina Desconcentrada de INGEMMET Ancash y con la asistencia del Presidente de la Comunidad de Machcos, pobladores del sector y representantes de la Municipalidad Distrital de Chiquián.

El presente informe técnico, contiene información bibliográfica, datos de observaciones realizadas en campo y propuestas de mitigación para fines de prevención en la gestión de riesgos de desastres en el Sector Cancal.



2.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En la zona de estudio y alrededores, aflora una secuencia de rocas sedimentarias, correspondiente a la Formación Chimú, la cual constituye la base del Grupo Goyllarisquizga de edad Cretácico inferior; esta unidad está conformada por areniscas cuarzosas con limoarcillitas que van de gris claro a gris oscuro. (Coobing, 1996) (Foto 1). Suprayacente a estas rocas se presentan calizas grises con intercalaciones de lutitas gris oscuras también de edad Cretácico inferior correspondientes a la Formación Santa. (Coobing, 1996). Estas unidades, se encuentran fuertemente alteradas, plegadas, falladas y fracturadas desde una escala regional.

Se cartografiaron también, depósitos aluviales los cuales están constituidos por fragmentos de clastos angulosos y subredondeados dentro de un matriz limo arenosa de tamaño de 5 cm hasta 30 cm. Estos depósitos están dispuestos a manera de terrazas en el fondo del río y por su composición litológica son susceptibles a derrumbes e inundación.

Los depósitos coluviales se presentan en pequeña extensión, y consisten de gravas y bloques angulosos, de tamaños que varían entre 50 cm a 2 m; poseen una baja compacidad, a sueltos emplazándose en las laderas de las montañas y acumulándose al pie de las mismas. (Ver mapa geológico, figura 2).

Dada a las condiciones geológicas en el sector cancal (rocas sedimentarias fracturadas, de mala calidad, con alternancias de rocas incompetentes), sumado a las condiciones hidrológicas y climáticas desfavorables, generaron la desestabilización de la ladera bajo la forma de un movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional que desencadenó varios flujos de detritos.



Foto 1: Areniscas altamente meteorizadas y fracturadas de la Formación Santa en el sector Cancal.



Foto 2: depósitos coluviales en el sector Cancal.



Foto 3: Depósitos coluviales emplazados en el pie del valle.

La unidad geomorfológica predominante en el sector corresponde a **Montañas sedimentarias** de origen denudacional, que se encuentran rodeando a Cancal. El mencionado deslizamiento se originó en las laderas del cerro Shumac a 1.90 km al Noroeste de Cancal. Estas laderas presentan pendientes con un rango de 50° a 65° de inclinación y una altitud aproximada de 4120 m.s.n.m, (foto 4).



Foto 4: Vista frontal de la ladera de Montaña (cerro Shumac) en el sector Cancal

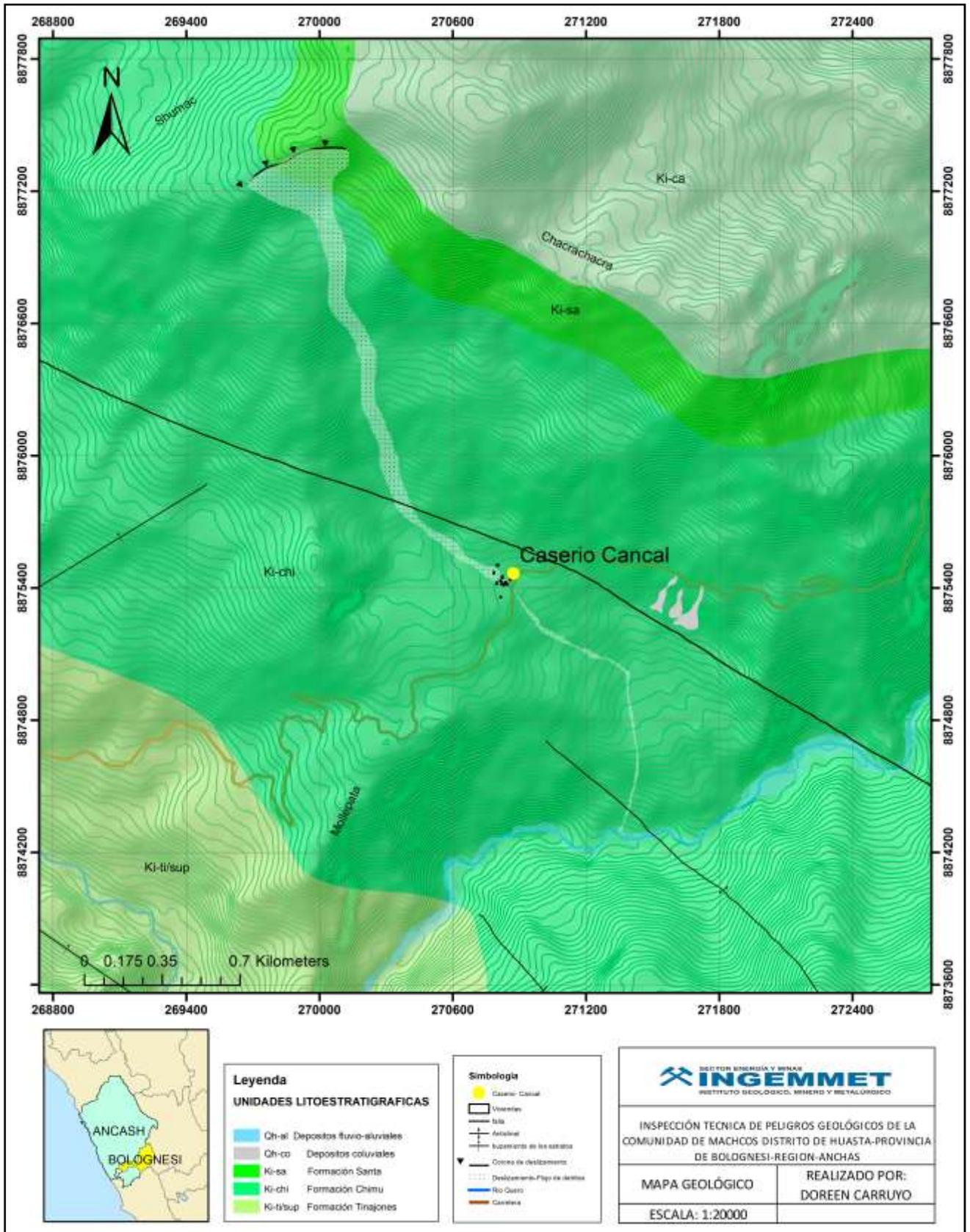


Figura 2: Mapa geológico del sector Cancal (modificado de A. Sánchez *et al.* 2017)

3.0 PELIGROS GEOLÓGICOS

3.1 MARCO CONCEPTUAL

Movimiento en Masa (MM):

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

La clasificación de MM, de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) es, hoy en día, una de las más aceptadas. Esta tiene en cuenta dos elementos: el tipo de movimiento y el material. En cuanto al tipo de movimiento consideran cinco clases: caídas, vuelcos, deslizamiento, flujo y propagación lateral. Dentro de los materiales involucrados se consideran: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierras.

Entre los eventos geodinámicos reconocidos en la zona de estudio se tienen:

Deslizamientos: Es un movimiento, ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona, en donde ocurre una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Cruden & Varnes, 1996; Hutchinson, 2001; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002).

En el sistema de Varnes (1978). Se clasifica los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio, el deslizamiento es de tipo rotacional.

Deslizamiento rotacional: Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y concava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe. Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad pre-existentes (Cruden y Varnes, 1996).

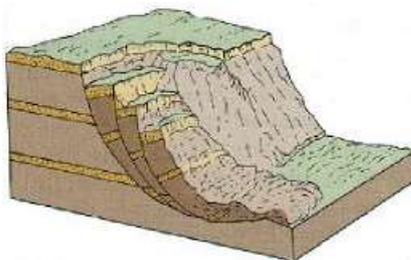


Figura 3. *Deslizamiento rotacional (Skinner & Porter, 1992)*

Flujos:

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

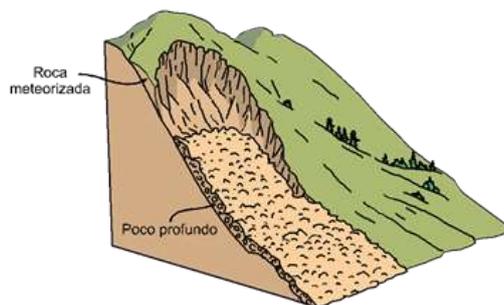


Figura 4. Esquema de Flujo no canalizado, según Cruden y Varnes (1996)

Flujo de detritos: Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada, La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son de alto potencial destructivo sobre los terrenos o sectores que atraviesan. (Hungry, 2005).

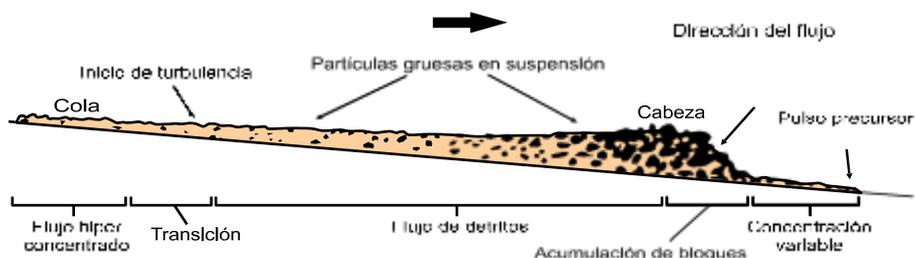


Figura 5. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. (Diagrama de Pierson, 1986).

Otros peligros geológicos:

Dentro de esta categoría de peligros se ha identificado lo siguiente:

Erosión de laderas: Estos tipos de eventos son considerados predecesores en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

3.2 DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR CANCEL

En base a los datos obtenidos en campo se realizó una caracterización del deslizamiento ocurrido en el sector Cancal, en la cual se describen las características del evento, los factores condicionantes y detonantes que favorecieron su ocurrencia y los daños que se generaron en el mencionado sector. El deslizamiento del cerro Shumac, corresponde a un deslizamiento de tipo rotacional que se desencadenó a finales de marzo del año 2017; sin embargo, los pobladores del caserío Cancal, manifestaron que la formación de grietas y la erosión superficial de las laderas, se habrían empezado a formar desde el año 2014.

De acuerdo a las imágenes históricas registradas en Google Earth, se infiere que a mediados del año 2014 se inició un proceso erosivo en la zona donde se produjo el movimiento en masa. En mayo del año 2016, se observa un deslizamiento y pequeñas cárcavas que se acortan antes de llegar al pie del talud; y finalmente a fines de marzo del 2017 las intensas precipitaciones pluviales producidas por el fenómeno del Niño Costero lograron desestabilizar completamente la ladera, generando la reactivación del deslizamiento, el cual produjo un flujo de alta velocidad (ver foto 5), que se desplazó aproximadamente 1.90 km hasta alcanzar y afectar a toda la infraestructura del caserío Cancal. Este flujo, atravesó la trocha carrozable del sector recorriendo una distancia adicional de aproximadamente 1.30 Km desembocando al río Quero. (Ver foto 6). La corona del deslizamiento se encuentra a una cota de 4110, y posee una longitud de 492 m y 205 m de ancho.

La erosión hídrica se produce cuando la intensidad de las precipitaciones pluviales supera la capacidad de infiltración del suelo, dada a que la formación geológica del lugar presenta niveles o sectores arcillosos impermeables, la película de agua no pudo ser totalmente absorbida, actuando como lubricante, y facilitando el deslizamiento o “resbamiento” del estrato suprayacente, este proceso de deslizamiento rotacional, condujo a la formación de un flujo de detritos. (Ver mapa de peligros figura 6).

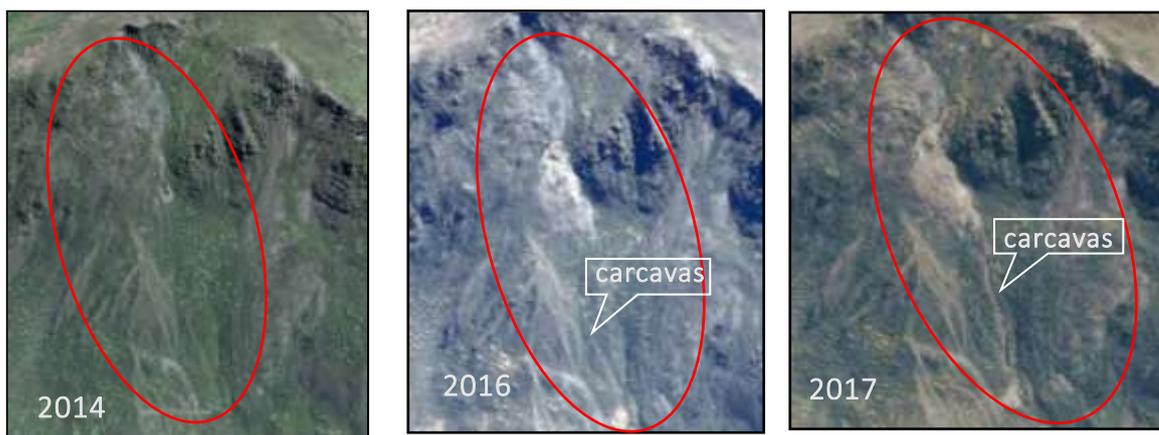


Foto 5. Evolución del deslizamiento del sector Cancal en el periodo 2014-2017.



Foto 6: A) Flujo de detritos desplazándose en el sector Cancal; B) El flujo de detritos cruzó la trocha carrozable hasta llegar a desembocar al río Quero



Foto 7: Corona del deslizamiento en el sector Cancal e inicio del flujo de detritos.

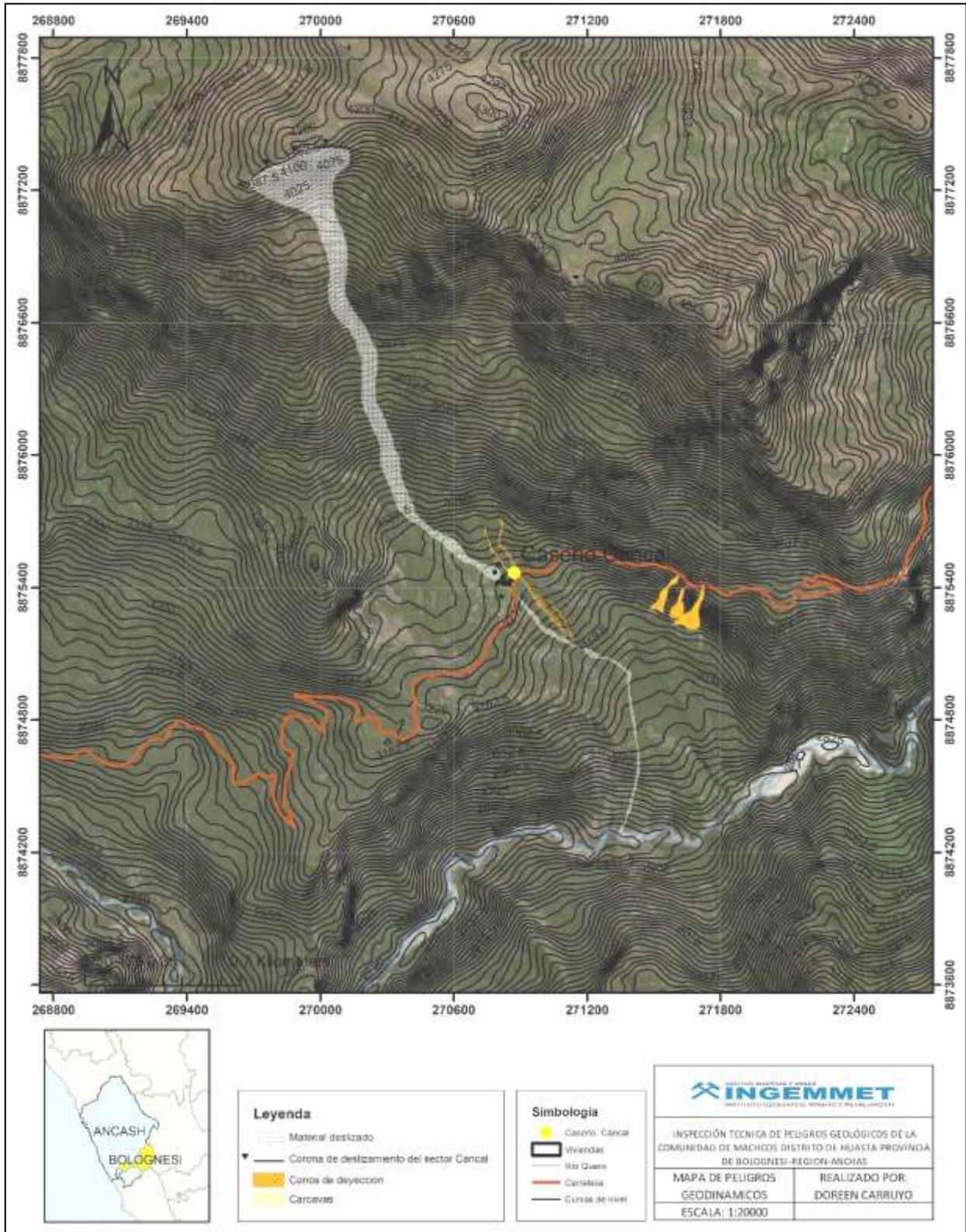


Figura 6: Mapa de peligros del Sector Cancal

4. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES

4.1 Pendiente

La pendiente, es un indicador importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (SÁNCHEZ, 2002).

Este parámetro condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua en el suelo (Belaústegui, 1999). En este contexto se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa, en laderas y cauces cuya pendiente principal es ($> 30^\circ$), también es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, ya que a mayor pendiente se facilita la erosión hídrica o pluvial Vilchez *et al.*, 2013.

Para el presente informe se elaboró un **mapa de pendientes**, con el fin de delimitar las características topográficas del terreno y diferenciar gráficamente los ángulos de inclinación del relieve en el área de estudio, evidenciándose que, la corona del deslizamiento se originó a una altura de 4113 m a 4120 m y presenta fuertes pendientes con un ángulo de inclinación mayor a 50° (Ver mapa de pendiente Figura 7).

Para la clasificación de los rangos de pendientes se usó como fuente la tabla elaborada por Fidel y otros, 2006.

Tabla 1: Rangos de pendientes del terreno Fuente: Fidel *et al.* (2006)

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<5	Muy baja
5 - 20	Baja
20 - 35	Media
35 - 50	Fuerte
>50	Muy fuerte

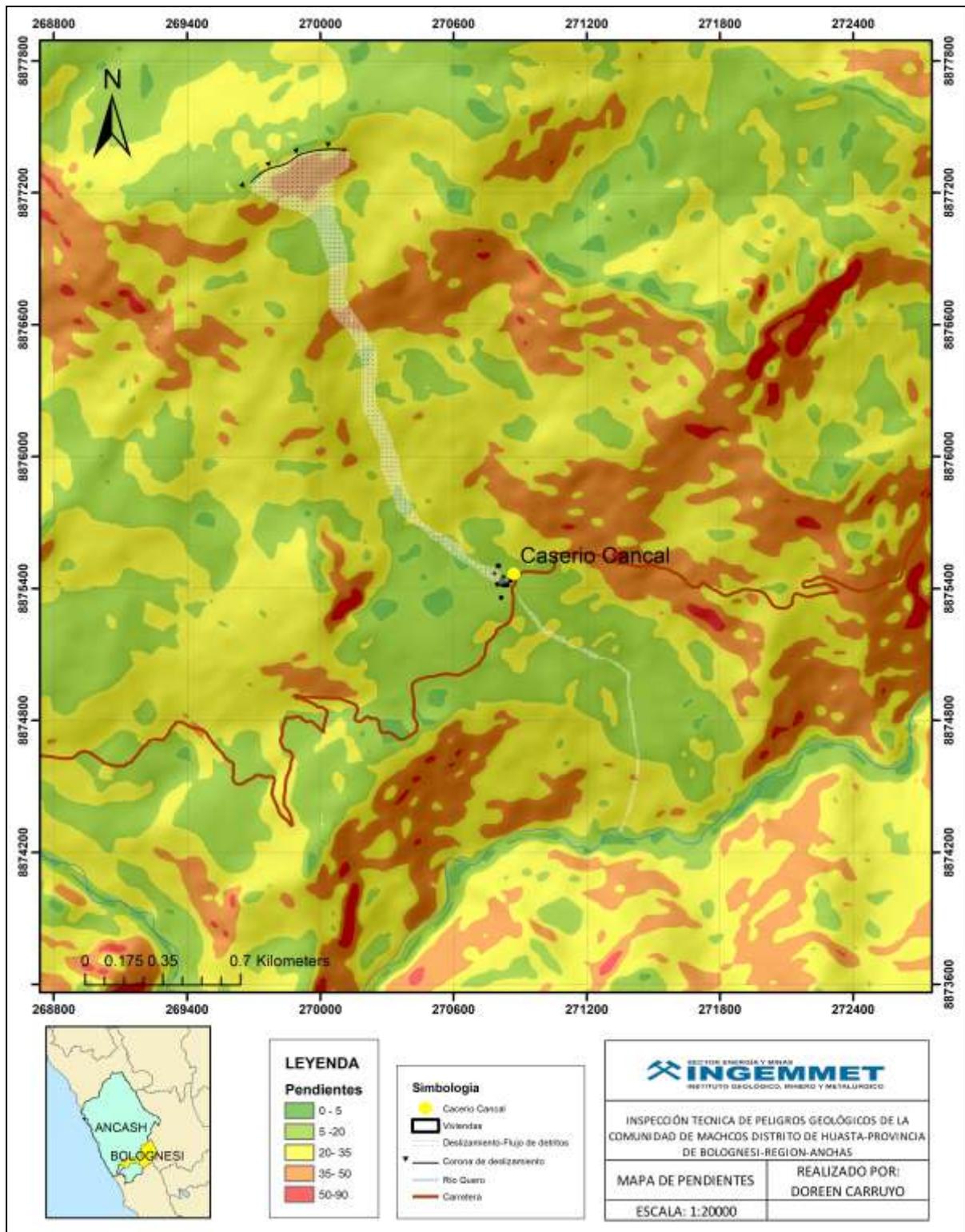


Figura 7. Mapa de pendientes del sector Cancal

4.2 Condiciones geológicas

Las rocas que conforman las laderas adyacentes a Cancal se encuentran muy meteorizadas y fracturadas debido a las condiciones estructurales de la zona; formando suelos de mala calidad y poco estables, que resultan de fácil remoción por acción hídrica.

4.3 Condiciones climáticas

Para determinar las condiciones climáticas en el sector, se ha tomado datos referenciales de la web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). La información fue obtenida de la estación meteorológica “CHIQUIAN” que se encuentra ubicada a 7.7 km al noroeste del sector en mención, en las coordenadas geográficas: Latitud 10° 8' 47.8", Longitud 79 9' 18" y en la cota 3386 m.s.n.m., período 2016-2017.

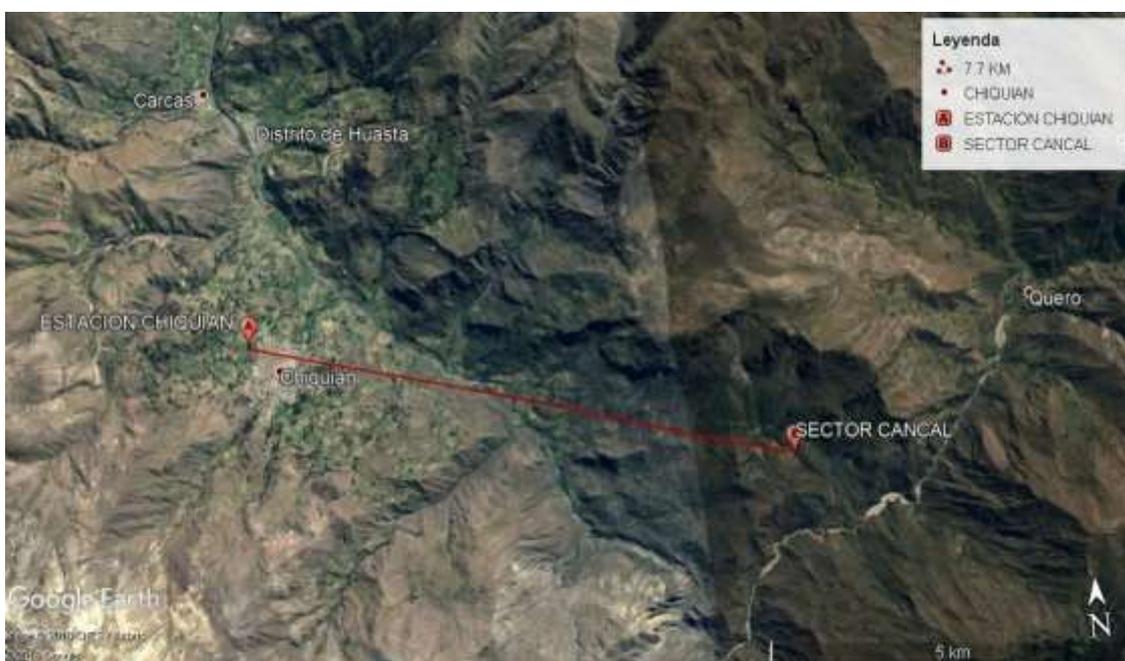


Figura 8: Imagen satelital donde se muestra la estación meteorológica “CHIQUIAN” con respecto al sector Cancal. Fuente: Google Earth.

Los datos pluviométricos indican que las máximas precipitaciones del año 2017 (cuadro 1) se produjeron en el mes de marzo (mes en el cual se desencadenó el mencionado deslizamiento) alcanzando una precipitación acumulada de 280.4 mm, lo cual representa una cifra 4 veces por encima de las precipitaciones que se generan usualmente en un año normal. En este contexto se puede atribuir a las precipitaciones pluviales excepcionales (Niño Costero), generadas durante el mes de marzo y abril del 2017, como el factor detonante del proceso erosivo que originó el deslizamiento-flujo en el sector Cancal.

Cuadro 1: Registro de precipitaciones pluviales acumuladas, durante el período 2016 – 2017. (Datos obtenidos de la estación meteorológica-Chiquián).

		Año 2016											
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Precipitación (mm)	9	58	74.1	74.2	0	0	0	0	4	82	4	66.6	
		Año 2017											
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Precipitación (mm)	142.1	121.4	280.4	57.9	39.8	0	0	0	25.7	0	0	68	

4.4 Daños

Destrucción de toda la infraestructura del sector Cancal, tales como seis viviendas, cancha de juegos, tanque de consumo humano y reservorio de agua, (Ver fotos 8 y 9) destrucción de cobertura vegetal y daños a cultivos. Las viviendas del sector Cancal, construidas de material de adobe, actualmente se encuentran en estado de inhabitabilidad, debido a que han sido destruidas y algunas totalmente sepultadas por este fenómeno.



Foto 8 Viviendas del sector Cancal destruidas por el flujo de detritos.



Foto 9 Vivienda del sector Cancal sepultada por flujo de detritos.



Foto 10 Flujo de lodo y detritos atravesando y erosionando los terrenos de cultivo.



Foto 11 Inicio de construcción de casa cercana a laderas erosionadas de pendiente moderada (zona no habitable).



Figura 9: Zona de posible reubicación para la población afectada de Cancal.

5.0 MEDIDAS DE PREVENCIÓN/MITIGACIÓN EN EL ÁREA EVALUADA

En esta sección se dan algunas propuestas de solución para el tratamiento del deslizamiento y flujo de detritos que afectó el sector Cancal, a fin de minimizar la ocurrencia de futuras reactivaciones y a su vez también prevenir la ocurrencia de otros movimientos en masa (derrumbes y caídas de rocas) susceptibles a generarse en el referido sector; para ello se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones como medidas de prevención y mitigación:

1. **Limpieza y remoción del material detrítico depositado en el sector de Cancal el cual debe ser removido con maquinaria especializada.**
2. **Corrección por modificación de la geometría del talud: Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:**

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.

3. **Trabajos para restringir la ocurrencia de flujos de detritos.**

Para el caso de la zona evaluada existen diversas opciones que se pueden implementar tales como las siguientes:

- a) **Construcción de presas contenedoras (*chek dams*):** Se requiere de una estabilización en la zona de inicio de flujos detríticos, con la finalidad de estabilizar y disminuir la carga de material de los posibles flujos que se puedan generar, esto se puede lograr con la construcción de este tipo de presas.

Según VanDine (1996), en la zona de transporte se construyen presas contenedoras en serie, con el fin de disminuir la pendiente en forma local y minimizar la erosión en el fondo y laderas del cauce (fig. 10)

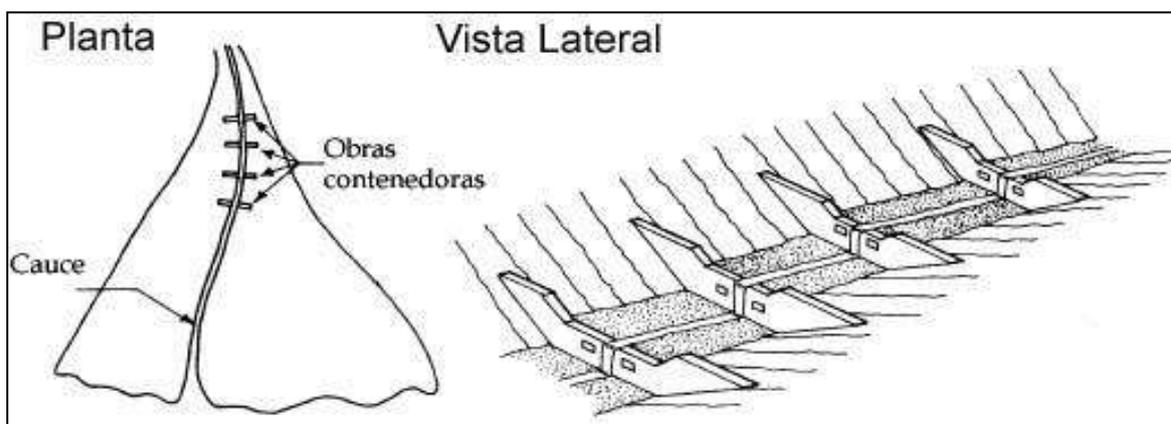


Figura 10 Esquema de ubicación y función de presas contenedor ("*check dams*") (VanDine, 1996).

- b) **Presas impermeables** o del mismo tipo que las utilizadas como presas contenedoras o consolidadoras, también son utilizadas como obras de almacenamiento. El diseño de estas presas consiste en retener gran parte de los sedimentos arrastrados por un aluvión, de esta manera, al entrar el flujo al pie de la ladera, la concentración de sedimentos es lo suficientemente baja como para no causar daños y ser conducido sin mayores problemas (Electrowatt, 1995). Estas obras deben ser mantenidas constantemente con el fin de que se encuentren operativas.

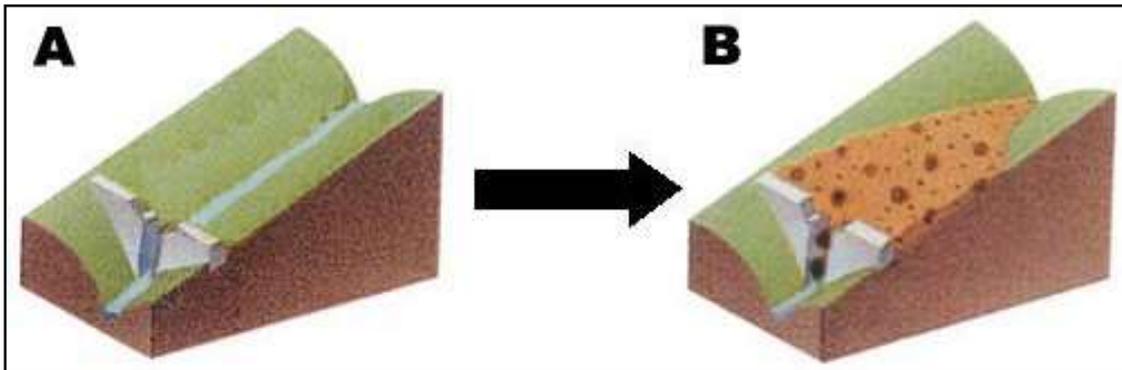


Figura. 11 Función de presas abiertas (*slit dam*): 1) La presa permite que los sedimentos escurran libremente para condiciones normales; 2) Cuando ocurre un flujo detrítico de proporciones, los sedimentos son capturados y retenidos temporalmente previniendo desastres hacia aguas abajo (International Sabonetwork, <http://www.sabo-int.org>).



Foto 13 Obras de presas abiertas.

- c) **Barreras flexibles de cables:** la colocación de este tipo de barras son eficaces contra las cargas dinámicas y estáticas causadas por corrientes de detritos o flujos de lodo siempre y cuando estén diseñados con cables de soporte de alta resistencia. En este caso deben ser diseñados para torrente estrecho de base triangular.

Estas barreras tienen muy buenas ventajas con respecto a otros sistemas de contención ya que el tiempo de construcción es reducido considerablemente, además existe un ahorro de costos del 30 al 50 % en comparación con las obras de hormigón y pueden diseñarse barreras únicas para avalanchas de hasta 1.000 m³ y barreras múltiples escalonadas para volúmenes de varios miles de m³.



Foto 14: Diseño de barras flexibles de cables para retener corrientes de flujos de detritos.

- d) **Disipadores de energía (*debris flow brakers*):** Combinar las obras de retención con obras disipadoras de energía. El objetivo de las obras disipadoras de energía no es el de detener o depositar el flujo detrítico, si no que el objetivo consiste en dividir al flujo con el fin de reducir su velocidad y disipar energía, de manera que éste deposite en zonas adecuadas ubicadas hacia aguas abajo.

Las **estructuras en madera** resultan ventajosas por su bajo presupuesto (**Foto 15**). Sin embargo, la duración de la madera es limitada, por lo que su uso es recomendado en lugares donde el tiempo en servicio de la construcción no supere los 30 a 50 años. Luego de este tiempo la estrategia de control debe ser remplazada por otras técnicas.



Foto. 15 Estructura construida en madera (Fiebiger, 2003)

- e) **Diques desviadores del flujo o barreras deflectoras:** La dirección de flujos detríticos puede ser controlada por la construcción de diques suficientemente altos como para prevenir rebases (Okubo et al., 1997). La diferencia con las barreras laterales es que este tipo de obras impide que el flujo mantenga su dirección

natural desviándolo hacia otra zona. Pueden ser utilizadas para proteger alguna estructura, dirigir el flujo hacia otra zona, o aumentar el largo local del cauce, disminuyendo así su pendiente para favorecer la depositación (fig. 12) (VanDine, 1996).

Además de los criterios de diseño utilizados para la construcción de las obras controladoras de dirección, debido a la curvatura que tendrá el cauce, deben considerarse criterios sobre fuerzas de impacto, sobre – elevación y trepamiento del flujo (VanDine, 1996).

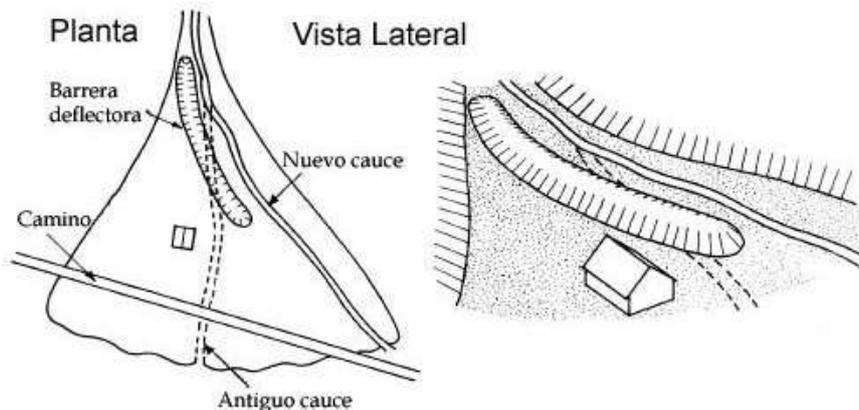


Fig. 12 Diques desviadores (VanDine 1996)

4) Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas, para asegurar su estabilidad.

La utilización de plantas y vegetación resulta muy adecuada debido a su aplicabilidad y compatibilidad con el medio ambiente. Dentro de los efectos está el control de la erosión, protección del suelo contra el viento, lluvia, nieve y heladas, creación de hábitat para la flora y fauna del lugar, reduciendo el impacto de los flujos de detritos (huaycos).

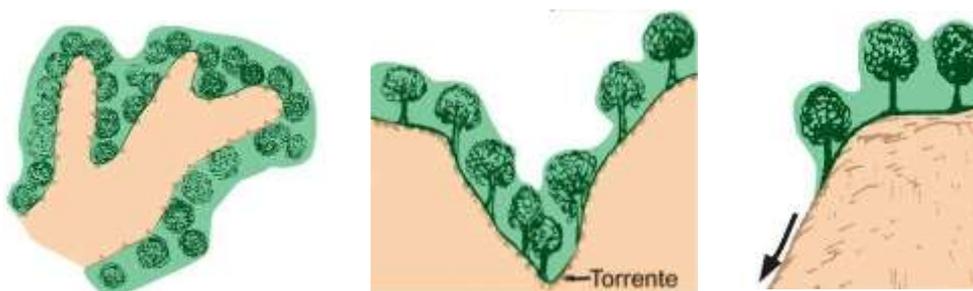


Figura. 13 Obras de forestación en zonas de cárcavamiento.

5) Correcciones superficiales:

Las medidas de correcciones superficiales de un talud se aplican 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.

El principal método empleado es el de mallas de alambre metálico, el cual se cubre con ellas la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso; las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja al pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de la roca al caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.



Foto. 16 mallas de alambre metálico aplicado a talud inestable

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 agua 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.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que favorece a la infiltración y saturación del terreno y susceptible de deslizarse.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el 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.
- El tramo de la carretera del sector, debe de ser protegido por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por el flujo de detritos. Los gaviones deben ser construidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.

CONCLUSIONES

1. El deslizamiento ubicado en las laderas del sector noroeste del cerro Shumac, corresponde a un deslizamiento de tipo rotacional; el cual generó un flujo de detritos que afectó toda la infraestructura urbana del Caserío Cancal, (viviendas, cancha de juegos, tanque de consumo humano y reservorio de agua), atravesando la trocha carrozable la cual es la única vía de comunicación en el lugar, logrando además afectar zonas de cultivo a lo largo de su recorrido.
2. El deslizamiento del sector Cancal se ha desarrollado sobre areniscas cuarzosas con limoarcillitas y; calizas con intercalaciones de lutitas correspondientes a las Formaciones Chimú y Santa, las cuales se encuentran fuertemente alteradas, plegadas, falladas y fracturadas desde una escala regional.
3. Las imágenes de Google Earth del año 2016, muestran evidencias del inicio del deslizamiento el cual se produjo aproximadamente a 2 km al Noroeste del Caserío Cancal. A fines de marzo del 2017 las intensas precipitaciones pluviales, producidas por el fenómeno del Niño Costero, reactivaron este deslizamiento, generando un flujo de detritos de alta velocidad, que se desplazó hasta el río Quero.
4. Las causas del origen del deslizamiento y su reactivación están relacionadas a las características litológicas, estructurales y topográficas del sector Cancal, que sumadas a las condiciones climáticas locales, son consideradas como las condicionantes y detonantes del evento geodinámico de marzo del 2017.
5. Cancal geomorfológicamente se encuentra ubicado en pendientes que van de 5 a 20°, y rodeados por laderas de montañas erosionadas con pendientes mayores a 35°; además de presentar zonas de profundas carcavas producto de la acción hídrica. Bajo este contexto no existen en el sector zonas completamente estables para su segura reubicación, debiéndose de implementar a corto plazo las obras de estabilización recomendadas a fin de preservar la seguridad física de los pobladores que viven en la zona.

RECOMENDACIONES

1. Se puede considerar la posibilidad de reubicar a la población, aproximadamente a 250 m al Sur del caserío Cancal con coordenadas de referencia (E: 270805, N: 8875156) tal como lo indica en la figura 9, siempre y cuando cumplan con los tratamientos de estabilización y prevención que se detallan en el apartado N° 4.0 denominado Medidas de prevención/mitigación en el área evaluada.
2. Esta zona debe contar con estudios geológicos y geodinámicos detallados, considerando la información y cartografía de este informe.
3. Realizar un estudio de suelos, para determinar los tipos de edificaciones que se van a realizar y la profundidad de cimentación.
4. Por ningún motivo la planificación urbana debe de orientarse a la zona de erosión de laderas ni de pendientes abruptas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beláustegui, S., (1999) - Pendientes del Terreno y Fundamentos del Caudal Máximo No Erosivo. Hoja técnica N° 07. Buenos Aires – Argentina., 4 p.
- Cruden, D. M., (1991) – A simple definition of a landslide. IAEG Bull., 43, 27-29
- Fídel, L., Zavala, B., Núñez, S., Valenzuela, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 4. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29. 383 p.
- Gutiérrez, M., (2008) - Geomorfología, Edit. Pearson/Prentice Hall, Madrid, 898 p. ISBN 97884832-23895.
- OSORIO, RAMÍREZ. Santiago. ESTABILIDAD DE TALUDES. SLOPE STABILITY. Clase de Especialización en Geotecnia. Universidad de Caldas. 2013.
- www.senamhi.gob.pe/. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ /Estación meteorológica de Chiquian.