

Informe Técnico N° A6839

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA EN EL SECTOR DE SAN DIONICIO

Región Junín
Provincia Satipo
Distrito Pampa Hermosa
Paraje San Dionicio



Foto: Municipalidad de Pampa Hermosa (2016)



SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
GUISELA CHOQUENAIRA GARATE

OCTUBRE
2018

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

EVALUACION GEOLOGICA Y GEODINAMICA EN EL SECTOR SAN DIONICIO

(DISTRITO DE PAMPA HERMOSA, SATIPO, JUNÍN)

INDICE

1. INTRODUCCION	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Aspectos Generales	2
1.3 Acceso	3
1.4 Objetivos	3
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	3
2.1 Geología	3
2.1.1 Rocas intrusivas	5
2.1.2 Depósito aluvial	6
2.1.3 Depósito proluvial	6
2.1.4 Depósito coluvial	6
2.2 Geomorfología	7
2.2.1 Terraza proluvial	7
2.2.2 Relieve montañoso en roca intrusiva	8
3. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
3.1 Flujo de lodo (Lloclla)	10
3.2 Deslizamientos	15
3.3 Derrumbes	18
4. MEDIDAS CORRECTIVAS	23
4.1 Para deslizamientos y derrumbes	23
4.2 Para flujos y cárcavas	24
5. PROPUESTA DE REUBICACION	26
5.1 Ubicación	26
5.2 Características de la zona de reubicación	27
5.3 Medidas a considerar en el terreno para la reubicación	27
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUCCION

El sector San Dionicio se ubica al suroeste del centro poblado Santa Ana a 12.2 km del centro poblado Mariposa.

En zonas tropicales, como el sector San Dionicio, las lluvias excepcionales, constituyen detonantes para la ocurrencia de procesos por movimientos en masa como flujos de detritos (huaicos), deslizamientos y derrumbes. Así como también inundación y erosión fluvial. Estos eventos se registraron en febrero 2016, afectando viviendas, terrenos de cultivo, vías de acceso, etc.

1.1 Antecedentes

El 16 de febrero del 2016, a la 1 a.m., en el distrito Pampa Hermosa se registraron intensas precipitaciones pluviales, como resultado se produjeron deslizamientos, flujos de lodo, derrumbes y erosión de laderas; que afectaron seriamente viviendas y áreas de cultivo (cafetales y platanales).

La evaluación geológica y geodinámica realizada, permitió el cartografiado e inventario de peligros geológicos, identificándose cuatro deslizamientos, nueve derrumbes, ubicados en ambas márgenes del río Pampa Hermosa y cuatro flujos de detritos (figura 3). Por ello se considera al sector San Dionicio, como Zona Crítica por peligros geológicos.

La presente evaluación se realizó a solicitud de la Municipalidad distrital de Pampa Hermosa con Oficio N° 058-2017-A/MDPH/, el trabajo de campo fue efectuado por el Ing. Segundo Nuñez Juárez y la geóloga Guisela Choquenaira Garate de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, quienes realizaron el cartografiado y la evaluación de peligros geológicos, así como la propuesta de reubicación del sector San Dionicio.

1.2 Aspectos Generales

El área de estudio se ubica en el distrito Pampa Hermosa, provincia Satipo, región Junín. (Figura 1). El poblado San Dionicio se encuentra en la margen izquierda del río Pampa Hermosa, en la falda de una montaña intrusiva, disectada por cuatro quebradas. Entre las siguientes coordenadas UTM (WGS 84):

8745508 N; 529553 E
8744916 N; 528969 E
Zona 18 L
Altitudes 973- 988 m s.n.m

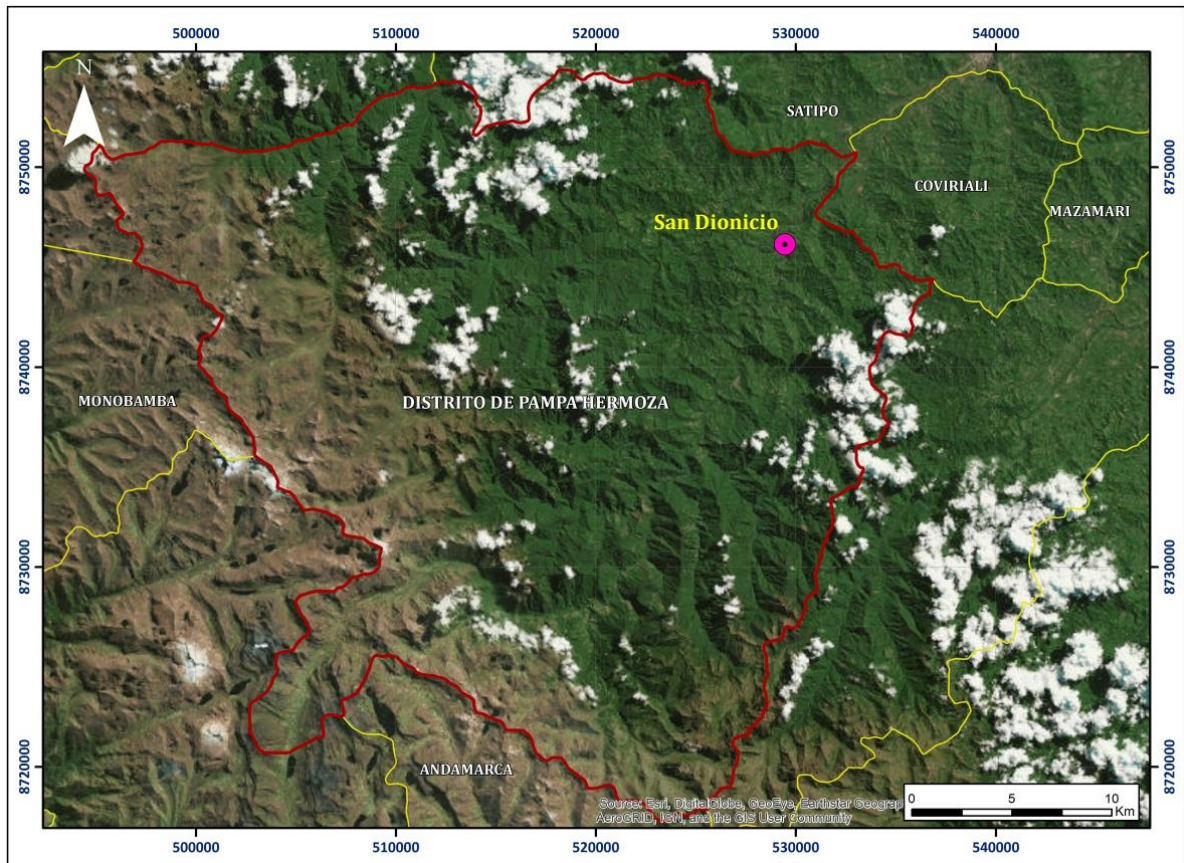


Figura 1: Mapa de ubicación.

1.3 Acceso

Para llegar al distrito de Pampa Hermosa desde Lima se realiza a través de la Carretera Central hasta la Oroya, donde se toma la ruta Tarma-San Ramón-La Merced-Satipo, vía asfaltada. De Satipo al distrito de Pampa Hermosa, se prosigue por trocha carrozable en un tramo de 29 Km (carretera antigua Satipo-Huancayo).

1.4 Objetivos

- Evaluar y cartografiar los peligros geológicos que afectan el centro poblado San Dionicio.
- Evaluar la zona de reubicación para las viviendas del centro poblado.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

2.1 Geología

De acuerdo a los estudios geológicos realizado por LAGESA CFGS-INGEMMET en el cuadrángulo de Satipo (23n) y Puerto Prado (23ñ)-1997, en el área afloran rocas ígneas de edades paleozoicas y mesozoicas, así como depósitos recientes cubiertos por vegetación.

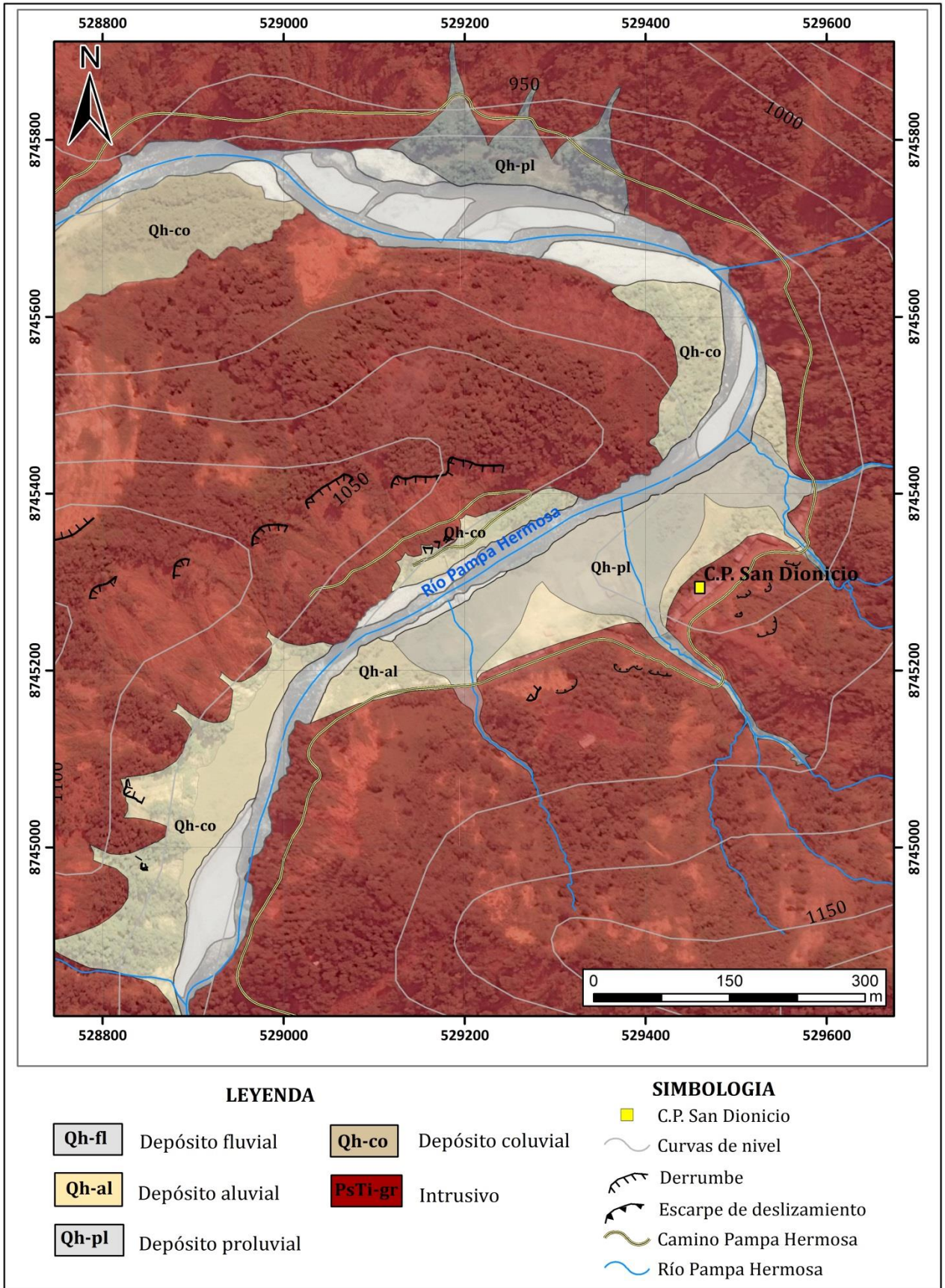


Figura 2: Unidades lito estratigráficas del sector San Dionicio.
 Modificado de LAGESA CFGS-INGEMMET (1997).

2.1.1 Rocas intrusivas

a) Granitoides del Paleozoico Inferior

Está constituido por un cuerpo intrusivo de edad paleozoica, de naturaleza alcalina a calco alcalina el cual es la base para los depósitos sedimentarios (LAGESA, 1997). Compuesto por granitos de color gris claro, de textura equigranular; se observa un bandeamiento de sus minerales asociados al tectonismo, compuesto por cuarzo, biotita, plagioclasa y minerales opacos (LAGESA, 1997). Sus exposiciones están caracterizadas por presentar abundante material regolítico y suelos arenosos con algo de arcilla, son producto de la descomposición de los componentes feldespáticos.

La carretera Satipo-Pampa Hermosa discurre por esta unidad, que se encuentra completamente meteorizada¹ y de mediana a muy fracturada². Corresponde a rocas de mala calidad.



Foto 1: Afloramiento de roca intrusiva en la carretera rural del sector San Dionicio.

¹ El material rocoso esta descompuesto y/o meteorizado. La estructura original del macizo rocoso esta aún en parte intacta.

² Para el calificativo “**muy fracturada**” cuando tenemos fracturas muy próximas entre sí. Se separan en bloques tabulares, originan bloques hasta tamaños de 30 cm. Para “**medianamente fracturada**”, las fracturas tienen espaciamiento regular, generan bloques entre 0.30 m a 1 m.

2.1.2 Depósito aluvial

Estos depósitos se distribuyen a lo largo del río Pampa Hermosa, formando terrazas (foto1); el material está conformado por gravas y arenas mal seleccionadas con matriz areno-limosa mostrando una baja consolidación.

Generalmente, sobre este tipo de depósitos se emplazan asentamientos humanos o terrenos de cultivo (sembríos de cacao, cafetales y platanales).



Foto 2: Terrazas aluviales en ambas márgenes del río Pampa Hermosa.

2.1.3 Depósito proluvial

Son depósitos provenientes relacionados con cauces de quebradas, que presentan corrientes temporales de agua y lluvias, ocasionan acumulaciones de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección o abanicos en su desembocadura.

Para el caso de San Dionicio, se identificó 04 quebradas, los depósitos se caracterizaron por tener fragmentos de roca heterométricos, predominado arena y lodo, escasamente bloques y gravas.

2.1.4 Depósito coluvial

Son los depósitos producto de la descomposición y disgregación de la roca, que se encuentran sobre ladera, que han sido movilizados por gravedad. Se componen de fragmentos de roca sueltos de formas subangulosos a angulosos, mal seleccionadas, inmersos en una escasa matriz areno arcillosa, sin ninguna o poca consolidación, tienen poca resistencia en seco (foto 2).



Foto 3: Depósito coluvial, a lo largo de la carretera antigua Satipo-Huancayo (Foto de la municipalidad de Pampa Hermosa).

2.2 Geomorfología

Las geformas existentes en el área de estudio, presentan diferentes características por la influencia de factores litológicos, estratigráficos, estructurales, topográficos y esencialmente climáticos, que intervinieron en el modelado de la superficie del área.

2.2.1 Terraza proluvial.

Corresponde al sector San Dionicio. Esta unidad geomorfológica está representada por antiguos depósitos de flujos de detritos o lodo (fotos 4 y 5), que alcanzan una altura aproximada de 2 m. Generalmente está compuesto por gravas, arenas y materiales limo arcillosos.



Foto 4: Escuela San Dionicio asentada sobre una terraza proluvial.



*Foto 5: Terraza proluvial cubierto por flujo de lodo proveniente de la quebrada principal (b).
Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.*

2.2.2 Relieve montañoso en roca intrusiva

El sector San Dionicio se ha desarrollado sobre ladera de montaña intrusiva, con pendientes que varían entre 20° a 40°. Las cimas son de formas onduladas cubiertas por una densa vegetación (foto 6); se encuentra disectada por el río Pampa Hermosa y quebradas. Se localizan peligros geológicos como: deslizamientos y derrumbes.



Foto 6: Montañas de roca intrusiva

3. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área de estudio, se han cartografiado peligros geológicos de tipo movimientos en masa, que incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

En el centro poblado San Dionicio y alrededores se han identificado procesos de flujos de lodo, deslizamientos y derrumbes (figura 3 y foto 7), que afectaron severamente a dicho asentamiento.

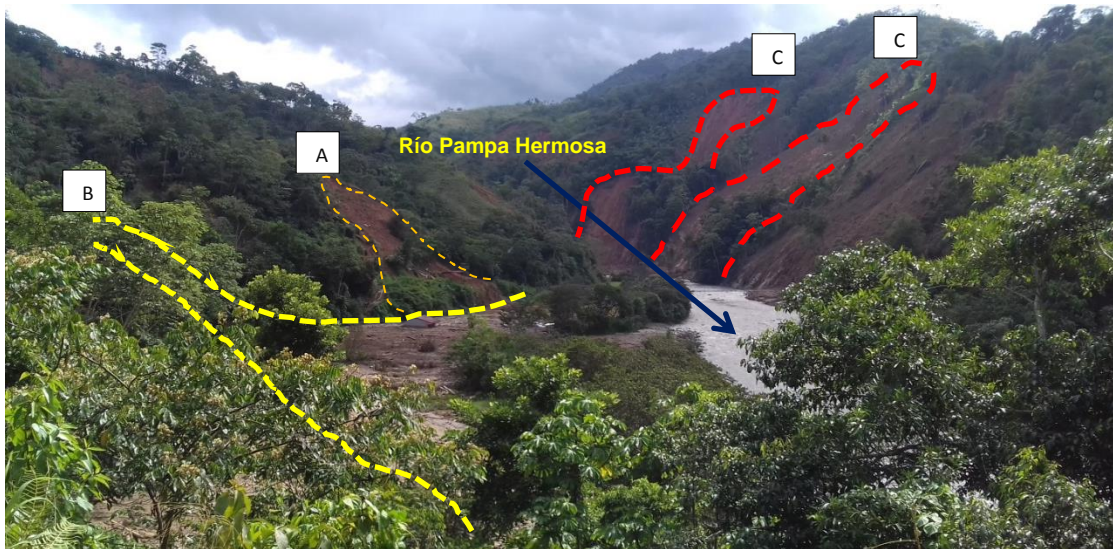


Foto 7: Ocurrencia de peligros geológicos: Hacia la margen derecha del río Pampa Hermosa se puede apreciar deslizamientos (A), flujo de lodo (B) y hacia la margen izquierda del río se puede observar derrumbes (C).

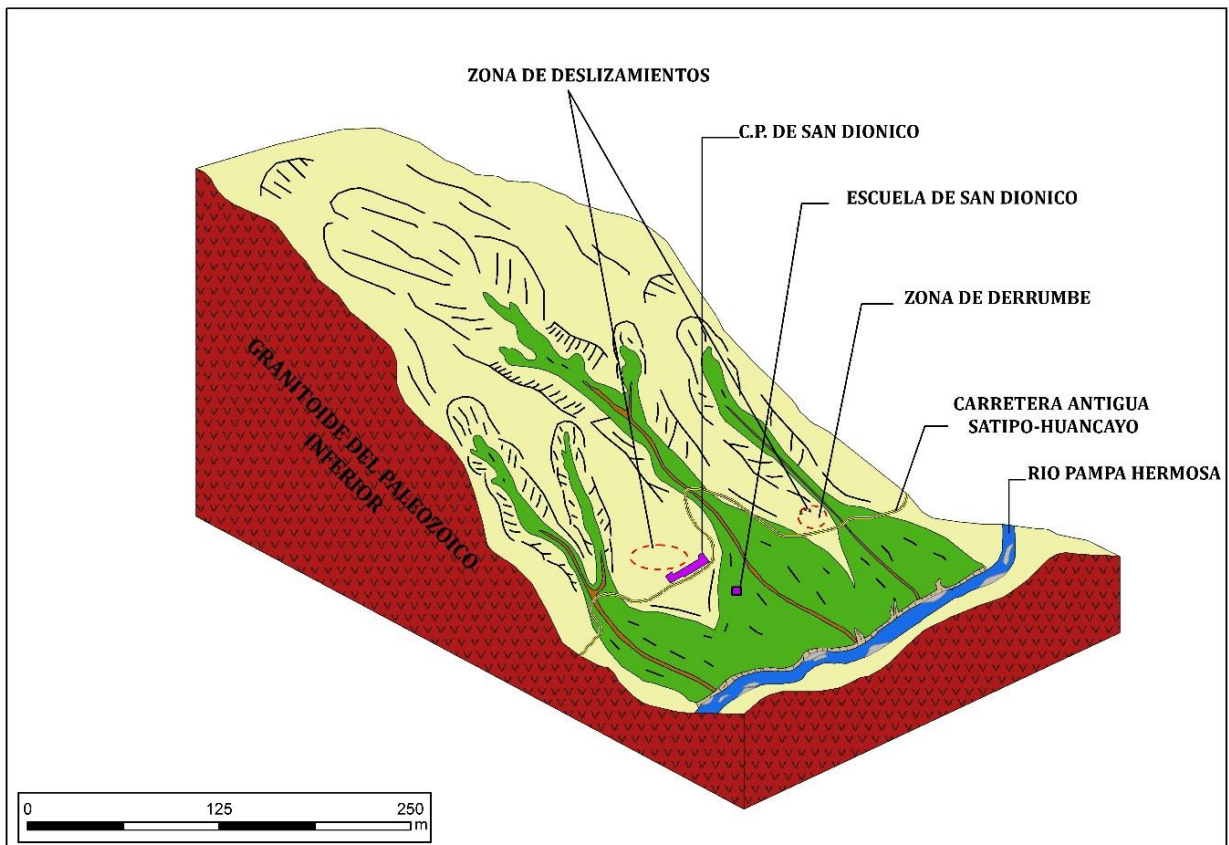


Figura 3: Esquema geodinámico de la ocurrencia de los diferentes peligros geológicos en el sector San Dionicio (Modificado de Concha 2016).

3.1 Flujo de lodo (Lloclla)

Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad mayor al 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos (huayco). También se distingue de los deslizamientos por flujo de arcilla, en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua (Hungry et al., 2001).

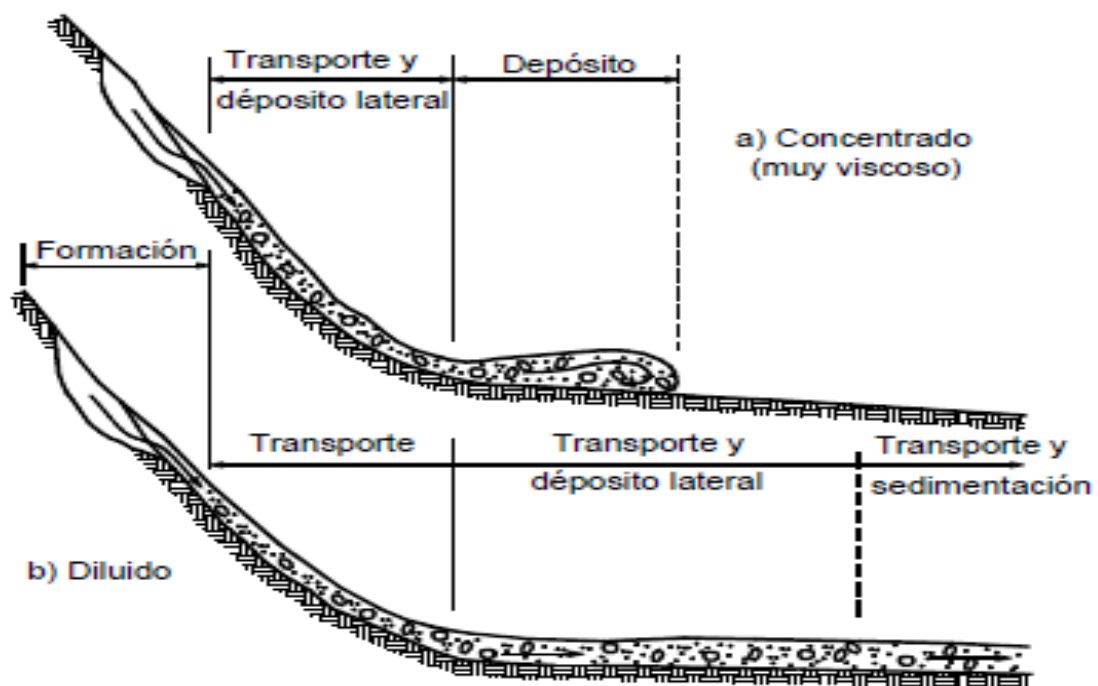


Figura 4: Partes básicas de un flujo de lodo (Johnson y Rodine, 1984).

En febrero del 2016, a la 1 a.m. se presentaron lluvias intensas que detonaron flujos de lodo, provenientes de las quebradas que disectan al centro poblado (Figura 5).



Figura 5: La imagen satelital del Google Earth, muestra el centro poblado San Dionicio disectado por cuatro quebradas, que generaron flujos de lodo.

El flujo de lodo que se originó en la quebrada (b), se presentó con mayor intensidad a comparación de las quebradas (a), (c) y (d). Causando daños severos, destruyó dos viviendas, la escuela San Dionicio, loza y tribuna deportiva, 02 hectáreas de terrenos de cultivo (cafetales y platanales) y 280 m de la carretera antigua Satipo-Huancayo, en cuatro tramos de 30 m (a), 180 m (b), 50m (c) y 20m (d). (fotos 8, 9, 10 y 11).

Los depósitos de los flujos de lodo de las cuatro quebradas alcanzaron a unirse (figura 5), llegando hasta las inmediaciones del cauce del río Pampa Hermosa, pero sin llegar a formar represamiento. El depósito del flujo llegó hasta una altura de 2.5 m (fotos 8, 9 y 10)



Foto 8: Flujo de lodo, dejo inhabilitada la escuela San Dionicio. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa 2016.

El material arrastrado estuvo compuesto por lodo (arena y arcilla), escasos bloques con longitudes de hasta 1 m, restos de troncos de árboles de 5 a 8 m de longitud (fotos 8 y 9), arrancados desde su raíz. Los pobladores del lugar con ayuda de maquinarias tuvieron que retirar el material dejado por el flujo.



Foto 9: Material dejado por el flujo de lodo sobre la terraza aluvial, se aprecian los restos de troncos de árboles. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa 2016.



Foto 10: Vista exterior de la escuela San Dionicio totalmente afectada (A). Se observa la parte interior de la escuela San Dionicio y la altura que alcanzó el flujo de lodo (B).



Foto 11: Carretera antigua Satipo-Huancayo totalmente afectada por el flujo de lodo. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa 2016.

El flujo de lodo proveniente de la quebrada (a) (figura 5), afectó el puente peatonal de acceso al centro poblado de Monte Olivo, una vivienda (foto 12) y terrenos de cultivo, y a su paso causó daños leves al cementerio de San Dionicio

A causa del tramo de la carretera afectada, según los pobladores, se quedaron varios días incomunicados, también se quedaron sin redes de energía eléctrica e hídrica.



Foto 12: Vivienda afectada por el flujo de lodo proveniente de la quebrada (a).

La mayor parte del depósito del flujo de lodo, se desvió por la carretera, llegando a afectar viviendas que se encontraban a unos 100 m de distancia de la quebrada principal (b).



Foto 13: se muestra la altura que alcanzo el flujo de lodo en el sector San Dionicio a 100 m de la quebrada principal (b) (Mancha en la pared de vivienda).

Causas:

Por lo observado en campo, en el sector los flujos son condicionados por:

- a. Roca de mala calidad, altamente meteorizada y muy fracturada. Ello permite una rápida erosión, por lo tanto, genera un incremento de material suelto hacia el cauce de la quebrada.
- b. Material de fácil transporte acumulado en el terreno (foto 14).
- c. Laderas con pendiente hasta de 30°.

Factor detonante: Intensas precipitaciones pluviales.



Foto 14: Material de fácil transporte acumulado en el terreno por el flujo proveniente de la quebrada principal (b). Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.

3.2 Deslizamientos

Es un movimiento lateral 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 (figura 8).

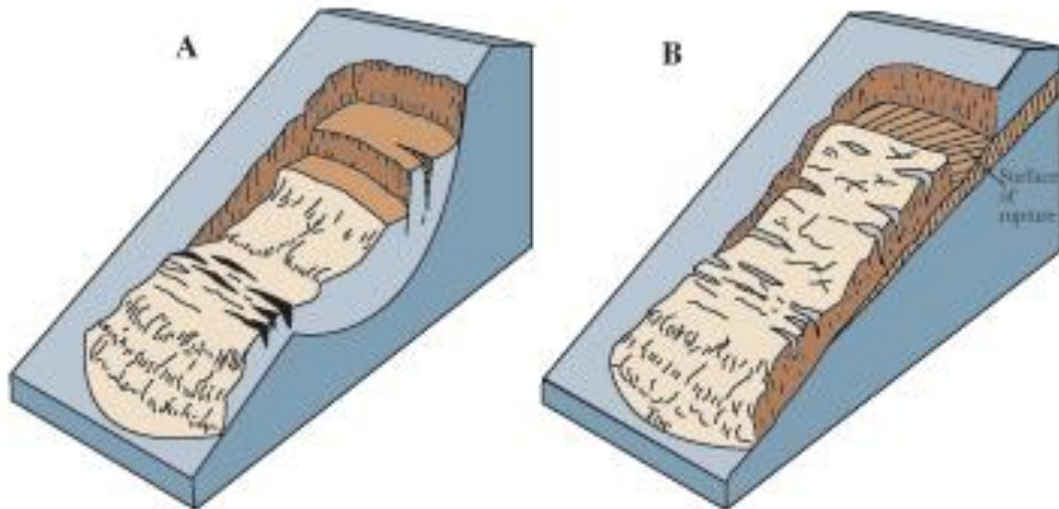


Figura 6: Tipos de deslizamiento: deslizamiento rotacional(A). deslizamiento traslacional(B).



Foto 15: Escarpe de un deslizamiento. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.

Se llegaron a observar escarpes de deslizamientos rotacionales (fotos 15 y 16), que afectaron la trocha afirmada que conduce al sector San Dionicio.

El deslizamiento rotacional tiene una altura de 50 m y un ancho de 65 m, el material deslizado es suelo areno-limoso, color marrón rojizo claro. La escarpa del deslizamiento presenta forma semicircular, con longitud del escarpe de 30 m. El salto principal del deslizamiento es de 5 m (figura 7).



Foto 16: El material desplazado llegó a destruir una vivienda y un tramo de la carretera. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa 2016

La masa deslizada, discurrió por un plano de diaclasamiento de la roca a favor de la pendiente. La roca en este sector presenta meteorización moderada a alta. Consecuencia de ello, la roca se erosiona con mayor facilidad. Dadas las características de inestabilidad existentes: fracturamiento de la roca a favor de la pendiente, ladera inestable por corte de talud y suelos inconsolidados; hace suponer, que los movimientos en masa se desencadenaran con precipitaciones intensas. (Luza y Santos, 2016)

Los deslizamientos, afectaron siete viviendas, 140 m de la carretera antigua Satipo Huancayo y destruyó tres viviendas (fotos 17, 18 y 19). Por sus condiciones geológicas, el área es muy susceptible a la formación de movimientos en masa, donde se generarían deslizamientos, derrumbes y flujos de lodo.



Foto 17: Deslizamiento traslacional, la ocurrencia de la misma destruyó dos viviendas (529561, 8745320).



Foto 18: Viviendas destruidas por la ocurrencia de un deslizamiento y flujo de lodo. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.



Foto 19: Vivienda destruida y poste de energía eléctrica afectado. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.

Las causas de este evento son:

- a) Substrato rocoso de mala calidad. Roca altamente meteorizada, genera suelos arenosos y arcillosos. Se encuentra mediana a muy fracturada (generando bloques menores de 50 cm). Además, presenta meteorización esferoidal, que forma bloques de formas redondeadas (típico de rocas ígneas).
- b) Laderas con pendiente entre 25° a 40° (foto 20). Esto origina, que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
- c) Fracturamiento de la roca a favor de la pendiente.
- d) Contacto entre suelo y roca, siendo el primero inestable.
- e) Roca que permite la filtración y retención del agua.
- f) Corte de talud para la construcción de camino carrozable.

Factor detonante: lluvias intensas.



Foto 20. Pendiente de ladera estimada en el corte natural.

3.3 Derrumbes

Caída violenta de material, se puede dar tanto en macizos rocosos como depósitos de cobertura. Se presentan lo largo de la trocha que conduce a los centros poblados de Santa Ana y Mariposa, afectando severamente viviendas y vías de acceso (fotos 21 y 22).



Foto 21: Se observan derrumbes hacia la margen izquierda del río Pampa Hermosa, que afectaron la vía de acceso a los centros poblados aledaños a San Dionicio (Con líneas entrecortadas se muestra trazo de carretera), Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.

La mayor parte de los derrumbes, se encuentran en la margen izquierda del río Pampa Hermosa, y solo uno fue identificado hacia la margen derecha (figura 7).



Foto 22: Derrumbe a la margen izquierda del río Pampa Hermosa originados por erosión fluvial. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.

En la margen izquierda se tienen derrumbes que llegan a tener longitudes de hasta 70 m, con alturas máximas de 200 m. La escarpa es de forma irregular. La inestabilidad aun continua, apreciándose en el talud abundante material suelto, que ante la ocurrencia de precipitaciones intensas, puede ser removida fácilmente.

Procesos o Causas naturales.

- a) Roca intrusiva de mala calidad, completamente meteorizada, no se distingue su estructura original, apenas se puede apreciar los planos de diaclasamiento, genera suelo arenoso de fácil remoción.
- b) Pendiente de laderas de 30° a 40°, lo cual lo hace inestable.
- c) Suelo areno-limoso, que permite la filtración de agua y retención del agua, lo cual lo vuelve inestable. El suelo es color pardo oscuro, con contenido de gravas y clastos angulosos.
- d) Falta de un sistema de drenaje de las aguas pluviales, en algunos casos se encuentran obstruidos (foto 23).
- e) Corte de talud para la construcción de camino carrozable, lo cual ha desestabilizado la ladera, al igual se aprecia en los cortes realizados para la construcción de viviendas. (fotos 24, 25 y 26).

Factor detonante: Intensas precipitaciones pluviales.

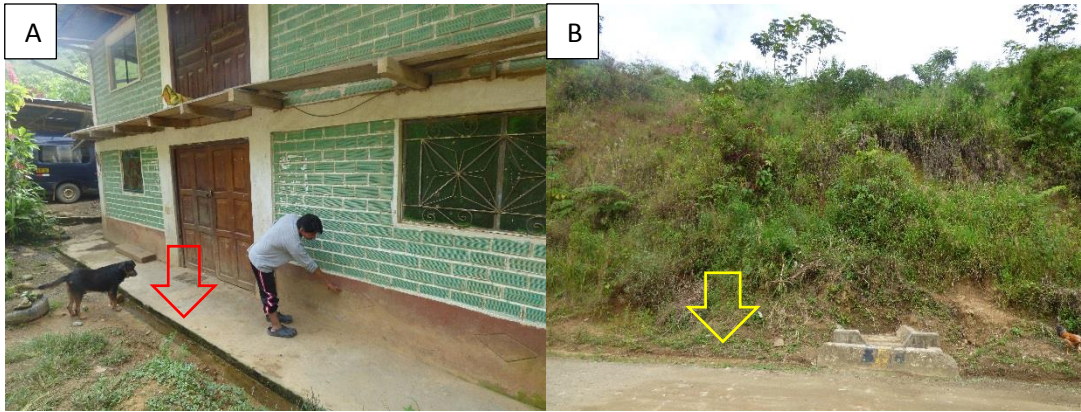


Foto 23: Canal de drenaje obstruido por sedimento y vegetación (A). Canales de drenaje sin revestir (B).



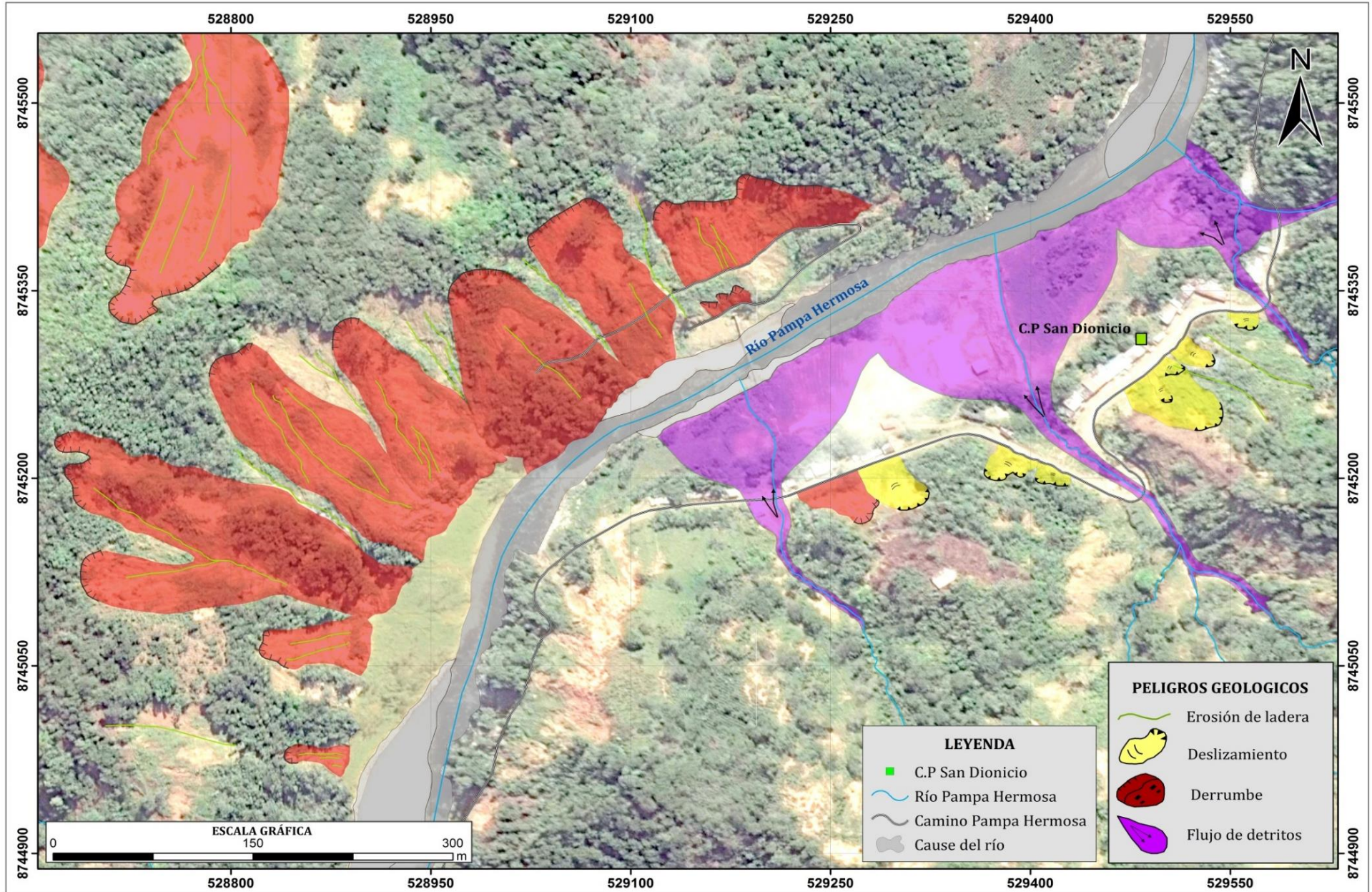
Foto 24: Vista de material movilizado por los movimientos en masa. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa. Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.



Foto 25: Afloramiento de roca intrusiva.



Foto 26: Derrumbes que afectan la vía Satipo-Huancayo (antigua carretera). Foto Municipalidad de Pampa Hermosa.



4. MEDIDAS CORRECTIVAS

4.1 Para deslizamientos y derrumbes

a) 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 9.

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.

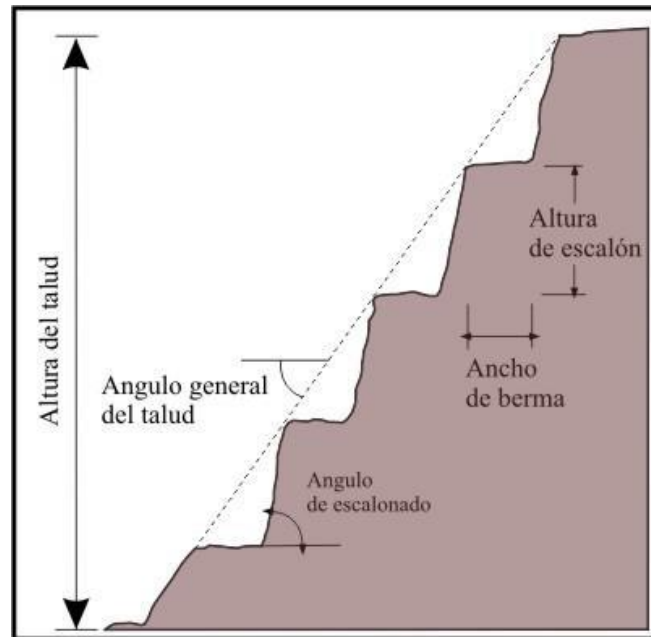


Figura 8: Esquema de un talud con bermas intermedias.

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: en este caso utilizamos drenaje superficial.

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 10).

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.

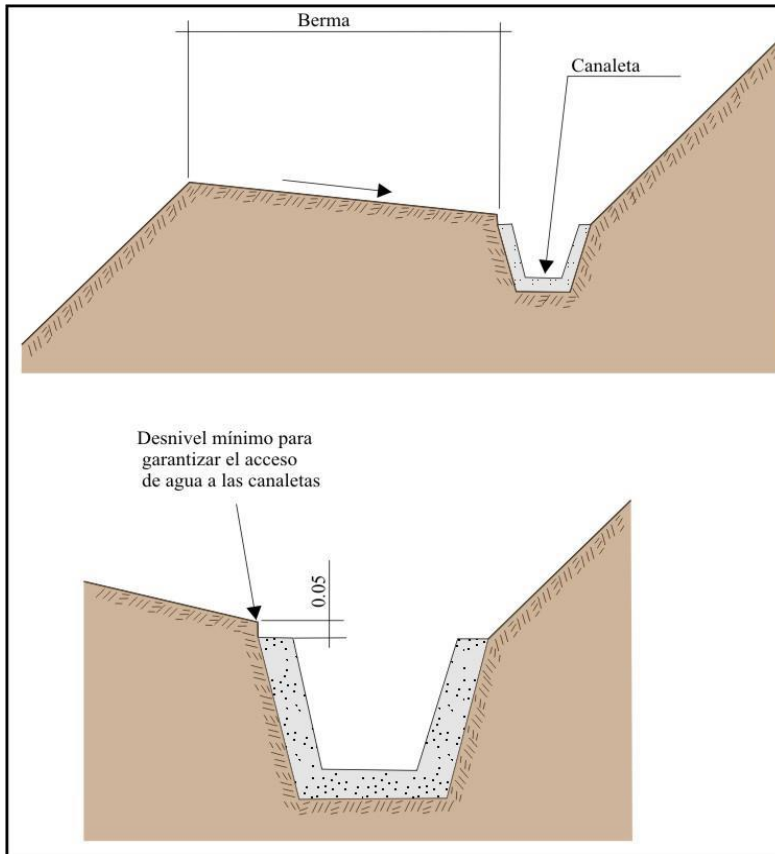


Figura 9: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

4.2 Para flujos y cárcavas.

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 presentan 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: (Gomez., D. Evaluación Geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero en la Región Tumbes-2017)

- 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. (Figura 11).
- 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 13), 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.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.

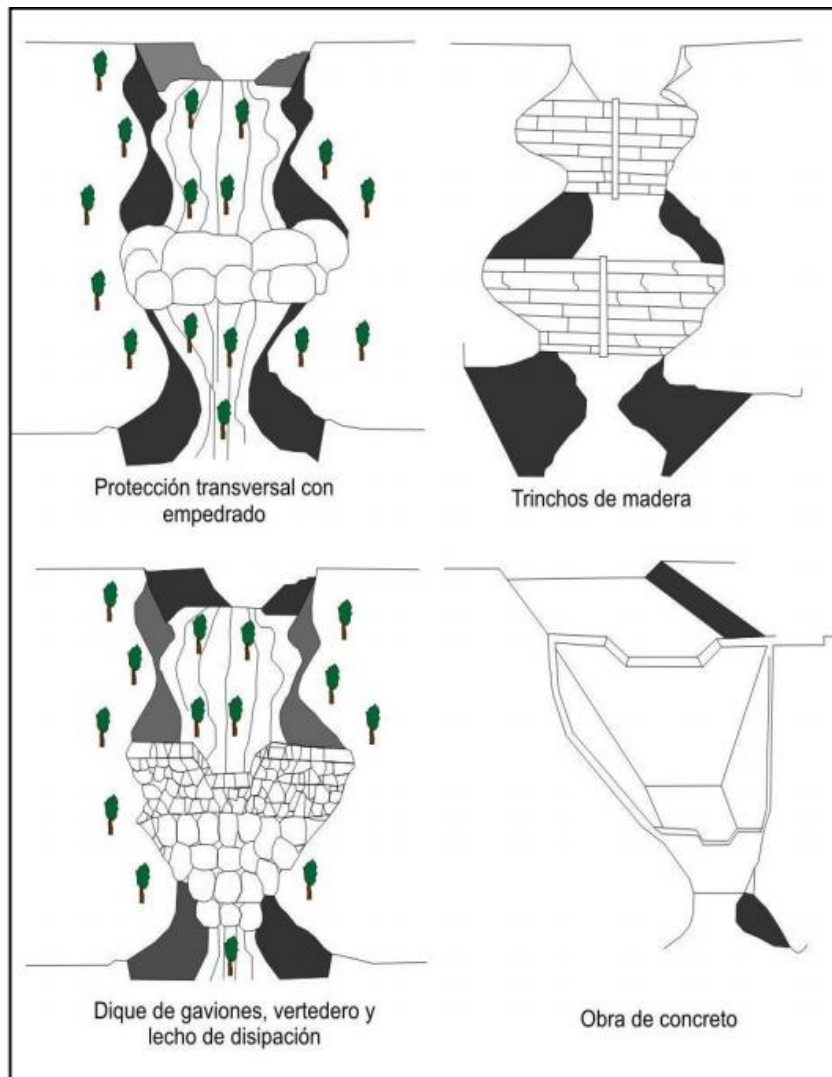


Figura 10: Obras hidráulicas para el control de la erosión en cárcavas

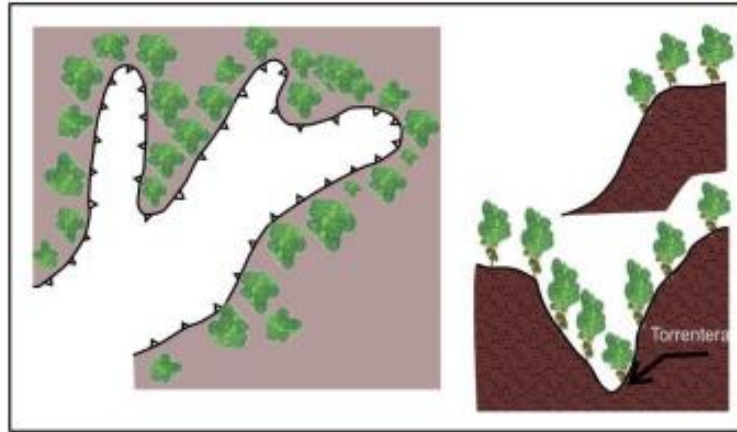


Figura 11: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

5. PROPUESTA DE REUBICACION

5.1 Ubicación

Dadas las características de inestabilidad del centro poblado San Dionicio, se ha propuesto como zona de reubicación y expansión urbana al sector denominado Villa Ancayo (figura 14) del distrito Pampa Hermosa; el terreno cuenta con una extensión de 100 m², se localiza a 5 Km al noroeste de San Dionicio. Se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84):

530157. Este y 8747909 Norte
 Altitud 880 m s.n.m.

El acceso desde San Dionicio se realiza por la antigua carretera Satipo-Huancayo.

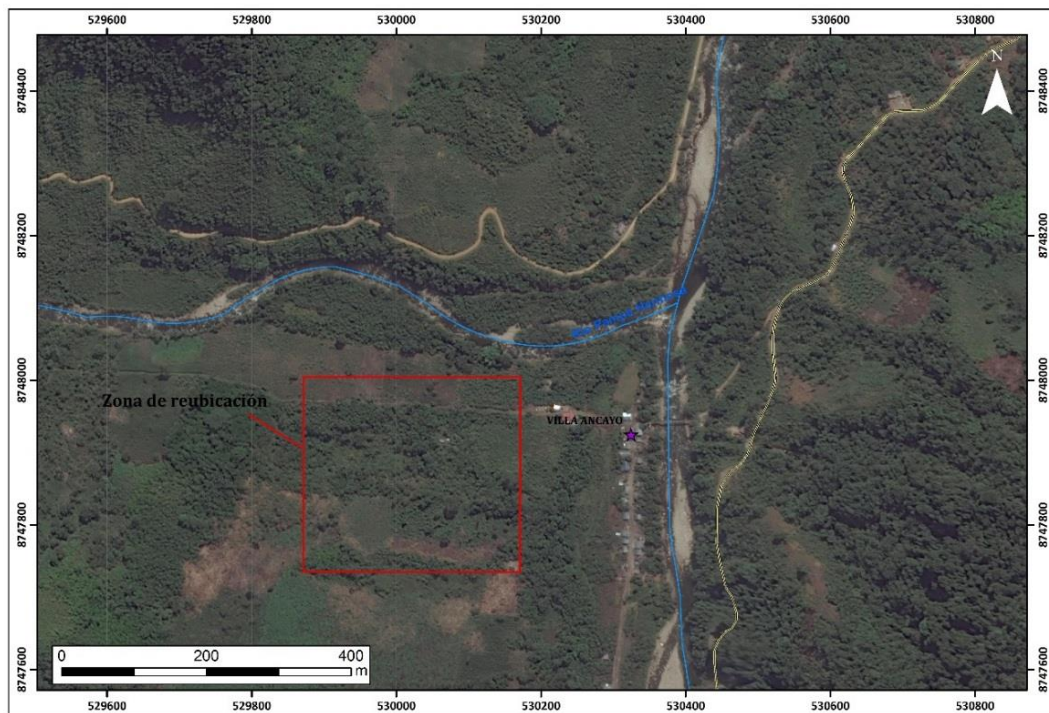


Figura 12: Zona de reubicación en el centro poblado Villa Ancayo.

5.2 Características de la zona de reubicación

La zona de reubicación geomorfológicamente se encuentra sobre una lomada, con una leve ondulación, presenta pendiente media de 10° (foto 27). Compuesto por gravas en matriz areno limoso (insitu) foto 28.



Foto 27: Pendiente de la zona de reubicación.



Foto 28: Tipo de material en la zona de reubicación.

5.3 Medidas a considerar en el terreno para la reubicación

- En el terreno se debe construir drenajes pluviales para evitar la infiltración de agua al subsuelo que condiciona la formación de movimientos en masa.
- Realizar un estudio de suelos, para determinar los tipos de construcciones que se van a realizar y la profundidad de cimentación.
- Reforestar con plantaciones adecuadas en las zonas aledañas al área de reubicación, con la finalidad de no romper la estabilidad del terreno.
- Por ningún motivo la planificación urbana debe de orientarse a la zona de inundación-erosión.

CONCLUSIONES

1. Por los diferentes movimientos en masa observados en el sector San Dionicio, se le considera como geodinámicamente activa: Zona Crítica con **peligro inminente ante lluvias intensas**.
2. Los movimientos en masa (derrumbes, flujo de detritos y deslizamientos) registrados en el sector San Dionicio fueron condicionados por:
 - a) Presencia de rocas intrusivas de mala calidad, de fácil remoción. Además, presentan un sistema de diaclasamiento a favor de la pendiente.
 - b) Suelos conformados por arena y limo, ello permite la filtración y retención de agua en su cuerpo, lo cual lo vuelve inestable.
 - c) Laderas con pendiente entre 30° a 40°, permite que el material suelto disponible en ella se remueva fácilmente.
 - d) Actividad antrópica, como construcción de viviendas sobre los bordes de los taludes, cortes de talud para construcción de trochas afirmadas y viviendas. Ocupación y/o construcción de viviendas en el cause de quebradas.
3. Estos movimientos de masa fueron detonados por las lluvias intensas, que ocurrieron en el mes de febrero del 2016.
4. Por las condiciones geológicas – morfológicas, las precipitaciones intensas y/o excepcionales, pueden detonar nuevamente movimientos en masa.
5. Los flujos de detritos afectaron severamente a viviendas, centro educativo, loza deportiva y terrenos de cultivo.
6. Los derrumbes y deslizamientos afectaron viviendas y vía de acceso a San Dionicio.

RECOMENDACIONES

1. Reubicar las viviendas que se encuentran asentadas al borde de la carretera e en quebradas activas y secas.
2. Por ningún motivo se debe reconstruir el centro educativo en la zona afectada, es necesario reubicarlo
3. Efectuar trabajos de canalización y obras de drenaje para atenuar los flujos en las cuatro quebradas que disectan el sector San Dionicio.
4. Dar mantenimiento periódico a la trocha afirmada, limpiando cunetas y drenajes, creando también registro de las condiciones procesos erosivos o de ocurrencia de derrumbes.
5. En la carretera Satipo-Huancayo, realizar las señalizaciones en las zonas que presenten constantes movimientos de masa, de forma que se advierta el peligro que representa.
6. Reforestar la zona con árboles autóctonos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bateman, B., Medina, V. Steiner, F. y Velasco, D. (2006). **Estudio experimental sobre flujos granulares hiperconcentrados**. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marina y Ambiental de Universidad Politécnica de Cataluña. España. En: XXII Congreso Latinoamericano de hidráulica ciudad Guayana, Venezuela. Octubre 2006. AIHR-AIIH. 10 p.
- Corominas, J., y Yague, A., (1997). **Terminología de los Movimientos de Laderas**.
- Cruden, D. M., 1991, **A Simple definition of a landslide**. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, p. 27–29.
- Cruden, D., y 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., y Evans, S. (2004), **Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism**. Geological Society of America Bulletin, v. 116, p. 1240–1252.
- LAGESA (1997). **Geología de los cuadrángulos de Satipo (23-n) y Puerto Prado (23-ñ)**. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional N° 66. 254 pp.
- **Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas**, 404p.
- Proyecto Multinacional Andino, Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA (2007).
- Suarez, J. (1996) **Deslizamientos. Análisis Geotécnico**. Capítulo cinco, los flujos.
- United States Geological Survey - USGS (2004). **Landslide type and processes** - Fact Sheet. 2004–3072. 4p.
- Varnes, D. J. (1978). **Slope movement types and processes**. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11