

Informe Técnico N° A6855

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA EN LOS SECTORES DE SANTA ROSITA, MONTE OLIVO, SANTA VIVIANA ALTA Y SANTA VIVIANA BAJA

Región Junín
Provincia Satipo
Distrito Pampa Hermosa
Sectores de Santa Rosita, Monte Olivo,
Santa Viviana Alta y Santa Viviana Baja



SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
GUISELA CHOQUENAIRA GARATE

DICIEMBRE
2018

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ASPECTOS GENERALES	2
2.1. Ubicación.....	2
2.2. Objetivos.....	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	4
3.1. Geomorfología.....	4
3.2. Geología	5
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
4.1 Flujo de lodo	8
4.1.1 Sector Santa Rosita.....	8
4.1.2 Sector Monte Olivo.	14
4.1.3 Santa Viviana Baja.....	16
4.2 Deslizamiento	17
4.2.1 Sector Santa Viviana Baja	17
4.3 Derrumbes.....	17
4.3.1 Santa Viviana Baja.....	17
4.3.2 Santa Viviana Alta.....	21
5 FACTORES O CAUSAS NATURALES	22
6 MEDIDAS CORRECTIVAS	23
6.1 Para flujos	23
6.2 Para deslizamientos	24
6.2.1 Corrección por drenaje.....	25
6.3 Para derrumbes.....	26
6.3.1 Trincheras.....	27
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

EVALUACIÓN GEOLOGICA Y GEODINÁMICA EN LOS SECTORES DE SANTA ROSITA, MONTE OLIVO, SANTA VIVIANA ALTA Y SANTA VIVIANA BAJA.

(DISTRITO DE PAMPA HERMOSA, SATIPO, JUNÍN)

1. INTRODUCCIÓN

El área de estudio está ubicada en el distrito Pampa Hermosa, provincia de Satipo, región Junín (figura 1), a 12.2 km al suroeste del centro poblado Mariposa.

En zonas tropicales, cuando se presentan lluvias excepcionales, muchas veces son detonantes para la ocurrencia de procesos por movimientos en masa como flujos de lodo, deslizamientos y derrumbes; afectando comunidades, terrenos de cultivo, vías de acceso, entre otros. En caso de los ríos, hay un incremento significativo de su caudal, ocasionando inundaciones y erosión fluvial.

Para la evaluación en los sectores: Santa Rosita, Monte Olivo, Santa Viviana Alta y Baja, se realizó trabajos de fotointerpretación a partir de imágenes satelitales, el cual nos permitió delimitar deslizamientos y derrumbes antiguos. La cantidad de movimiento puede analizarse por los desplazamientos de las carreteras y otros elementos fácilmente identificados (Suarez 2009). El área de estudio se considera altamente susceptible a la generación de procesos por movimientos en masa ante precipitaciones intensas.

La evaluación geológica y geodinámica se realizó a solicitud de la Municipalidad distrital de Pampa Hermosa con Oficio N° 058-2017-A/MDPH/, a cargo del Ing. Segundo Núñez Juárez y geólogo Guisela Choquenaira Garate de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. Ubicación

Los sectores de Santa Rosita, Monte Olivo y Santa Viviana Alta y Baja, se ubican en el distrito Pampa Hermosa, provincia de Satipo, región Junín (Figura 1), asentados a la margen izquierda del río Pampa Hermosa. En las coordenadas UTM (WGS 84):

SECTOR	ZONA	X	Y
Santa Rosita	18 L	529553	8745508
Monte Olivo	18 L	528224	8745757
Santa Viviana Baja	18 L	529260	8744167
Santa Viviana Alta	18 L	530237	8744167

Altitudes 900 - 1100 m s.n.m.

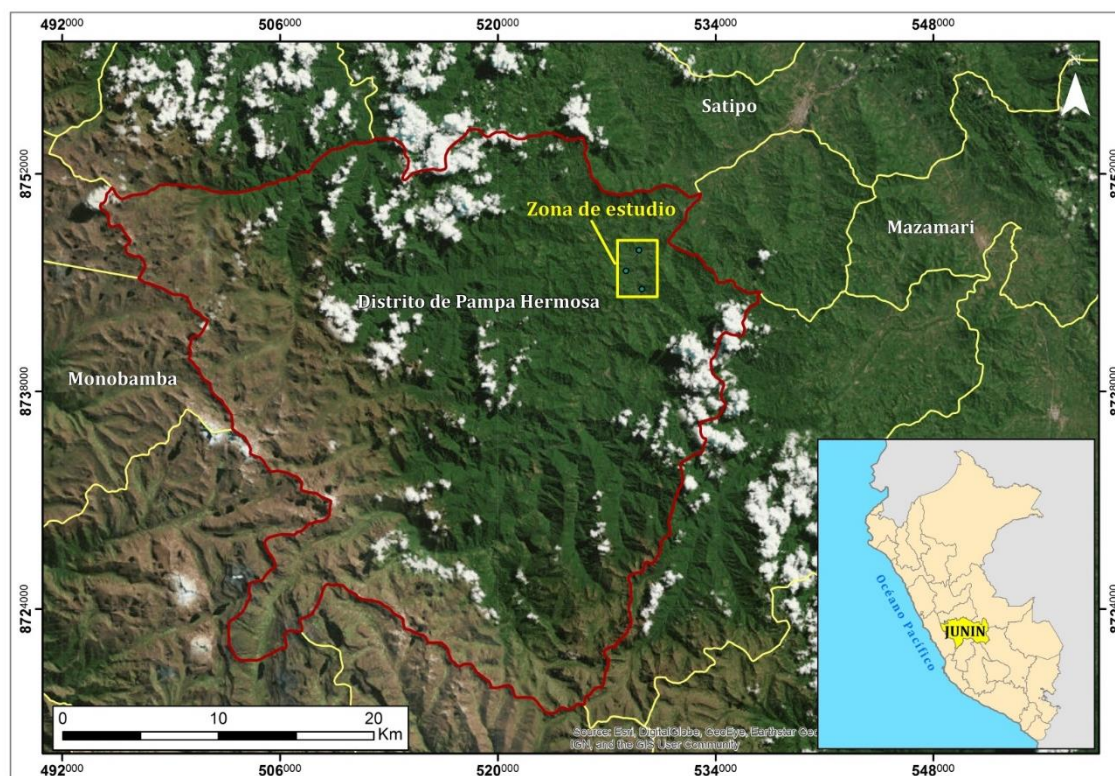


Figura. 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.

La zona de estudio es accesible por la carretera Central hasta la Oroya, donde se desvía pasando por la ciudad de Tarma, rumbo a San Ramón, La Merced y Satipo. Desde Satipo el recorrido es trocha carrozable hasta Pampa Hermosa.

Según Köppen y Geiger, 1961. La zona de estudio presenta un clima tipo Af (Cálido y lluvioso durante todo el año, sin estaciones), con precipitaciones de 1689 mm/año, incluso durante el mes más seco y una temperatura media anual de 26.9 °C.

2.2. Objetivos

- Evaluar e identificar los peligros geológicos que afectan los centros poblados de Santa Rosita, Monte Olivo, Santa Viviana Baja y Santa Viviana alta.
- Proponer obras de mitigación ante la ocurrencia de peligros geológicos.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Geomorfología

El distrito de Pampa Hermosa constituye geoformas como: piedemontes aluviales, relieves de colinas y montañas intrusivas.

3.1.1. Relieve en montañas en roca intrusiva

Esta unidad representa cerros con laderas de pendientes que varían entre 30° a 45°. Las cimas son de formas onduladas cubiertas por una densa vegetación; se encuentran disectadas por el río Pampa Hermosa y quebradas (foto 1). Se presentan procesos de movimientos en masa como deslizamientos y derrumbes.



Foto 1: Montañas de roca intrusiva.

3.1.2. Piedemonte aluvial.

Los sectores de Santa Rosita, Monte Olivo y Santa Viviana baja, se encuentran asentados sobre piedemontes aluviales con alturas hasta de 3 m. Presenta pendiente menor a 2°, sobre esta unidad se desarrollan terrenos cultivo (foto 2).



Foto 2: Vista de viviendas asentadas sobre el pie de monte.

3.1.3. Terraza proluvial.

Esta unidad geomorfológica está representada por antiguos depósitos de flujos de detritos o lodo, alcanzando una altura aproximada de 2 m. Generalmente está compuesto por gravas, arenas y materiales limo arcillosos.

3.2. 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). Esta unidad es afectada por deslizamientos y flujos de lodo o detritos. Es una roca altamente meteorizada, de mala calidad.

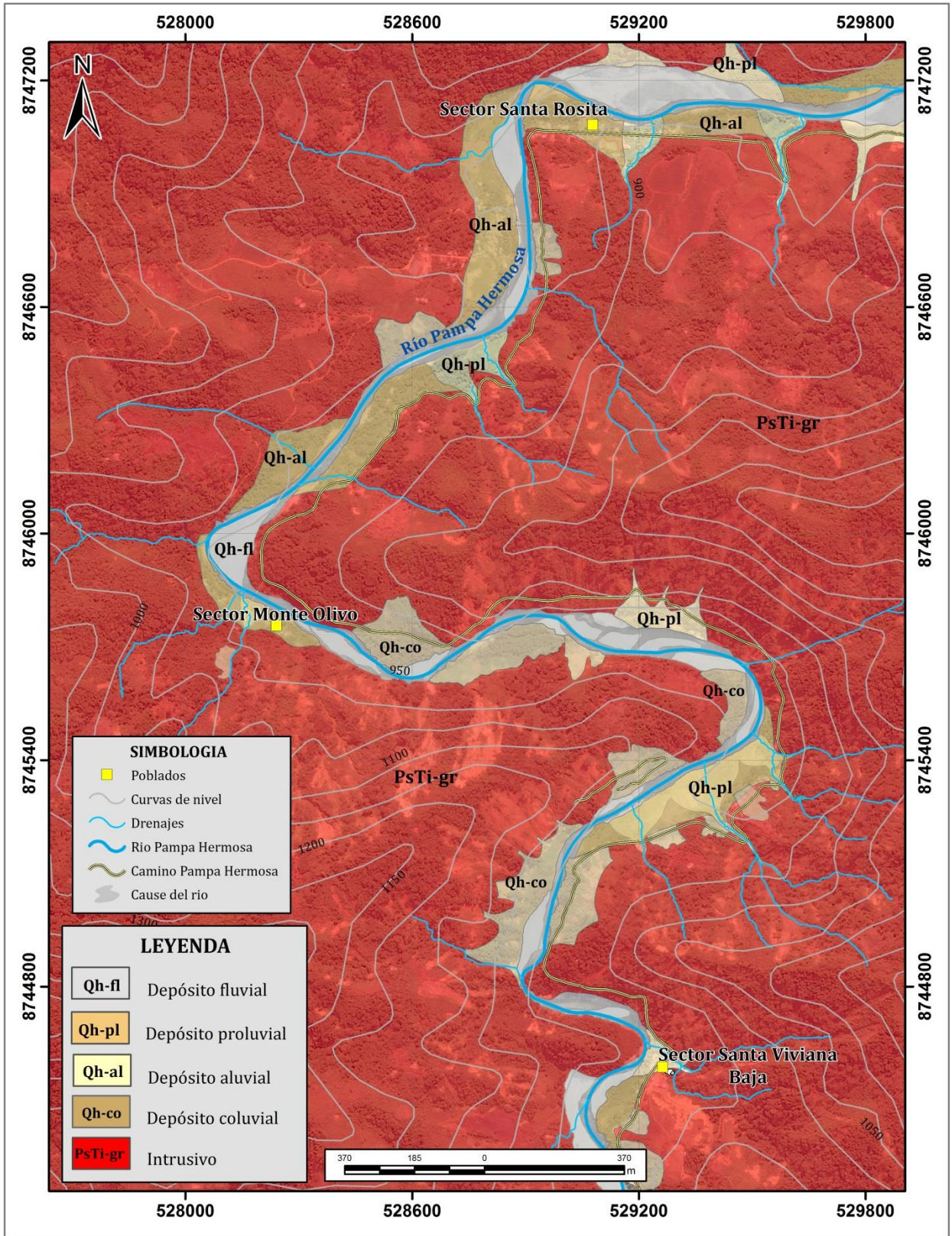


Figura 2: Litoestratigrafía de la zona de estudio (Modificado de LAGESA CFGS-INGEMMET -1997).

3.2.1. 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).



Foto 3: Roca intrusiva, presenta meteorización catafilar.

3.2.2. Deposito proluvial

Se originan a partir de los flujos de lodo y flujos de detritos, que descienden de manera súbita por las quebradas que disectan el río Pampa Hermosa; formando abanicos. El material que las constituye es heterométrico y mal clasificado; de formas angulosas a subangulosas.

3.2.3. Depósito coluvial

En la zona de estudio a consecuencia de la descomposición y disgregación de roca intrusiva, son movilizadas por la gravedad y distribuidas al pie del talud, compuestas de fragmentos de roca intrusiva, de formas subangulosos a angulosos, mal seleccionadas, inmersos en una matriz areno arcillosa, presenta poca consolidación (foto 4).



Foto 4: Depósito coluvial, conformado por clastos subangulosos.

3.2.4. Depósito Aluvial

Estos depósitos se distribuyen a lo largo del río Pampa Hermosa, formando terrazas aluviales (foto5); el material está conformado por gravas y arenas mal seleccionadas con matriz areno-limosa mostrando una baja consolidación.



Foto 5: Vista de fragmentos de roca trasportado por el flujo de lodo.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

4.1 Flujo de lodo

4.1.1 Sector Santa Rosita.

En la zona de estudio, cuando se generan lluvias intensas se generan flujos de lodo detritos. en los cauces se tiene material de fácil remoción, como limos y arcillas y escasos bloques de roca.

Para que se considere un flujo de lodo el material de arrastre debe estar conformado por lodo (arena y limo) en más de un 80%.

En la figura 3, se esquematiza la formación de flujo hasta que llega a su desembocadura. En planta se muestra una zona de iniciación que forma un embudo, una zona de transición o zona de tránsito de flujo y una zona de depositación en abanico, figura 3. (Bateman *et al.*, 2006).

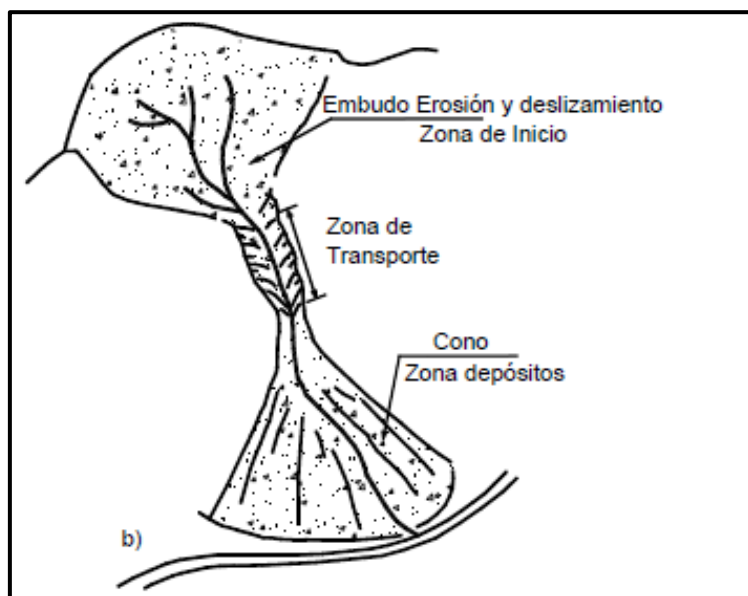


Figura 3: Partes básicas de un flujo (Bateman y otros, 2006)

Los factores que condicionaron el flujo en la quebrada Santa Rosita son:

- a) Sustrato rocoso de mala calidad, con alto grado de meteorización y muy fracturado,
- b) Laderas con pendiente del terreno, hasta de 30°.
- c) La quebrada en su desembocadura, presenta una pendiente menor de 5°, que permite la acumulación de fácil remoción.
- d) Suelo de fácil remoción
- e) Saturación del suelo de la ladera, que permite el aumento de peso de la masa.
- f) Combinado los tres factores, mencionados anteriormente la masa del suelo pierde inestabilidad, y se desliza cuesta abajo, incrementado el volumen de material suelto en el cauce de la quebrada. (figuras 4 y 7).

El factor detonante fueron las precipitaciones pluviales inetensas.

El flujo de lodo, en su dinámica de transporte, arrastro bloques de roca intrusiva, con diámetros de 1.5 x 0.60 m (figura 5) y troncos de árboles arrancados desde su raíz, de 6 a 8 m de diámetro (foto 6).



Figura 4: Vista del centro poblado Santa Rosita, asentada sobre una terraza aluvial.



Figura 5: Bloques de roca intrusiva transportado por el flujo de lodo.

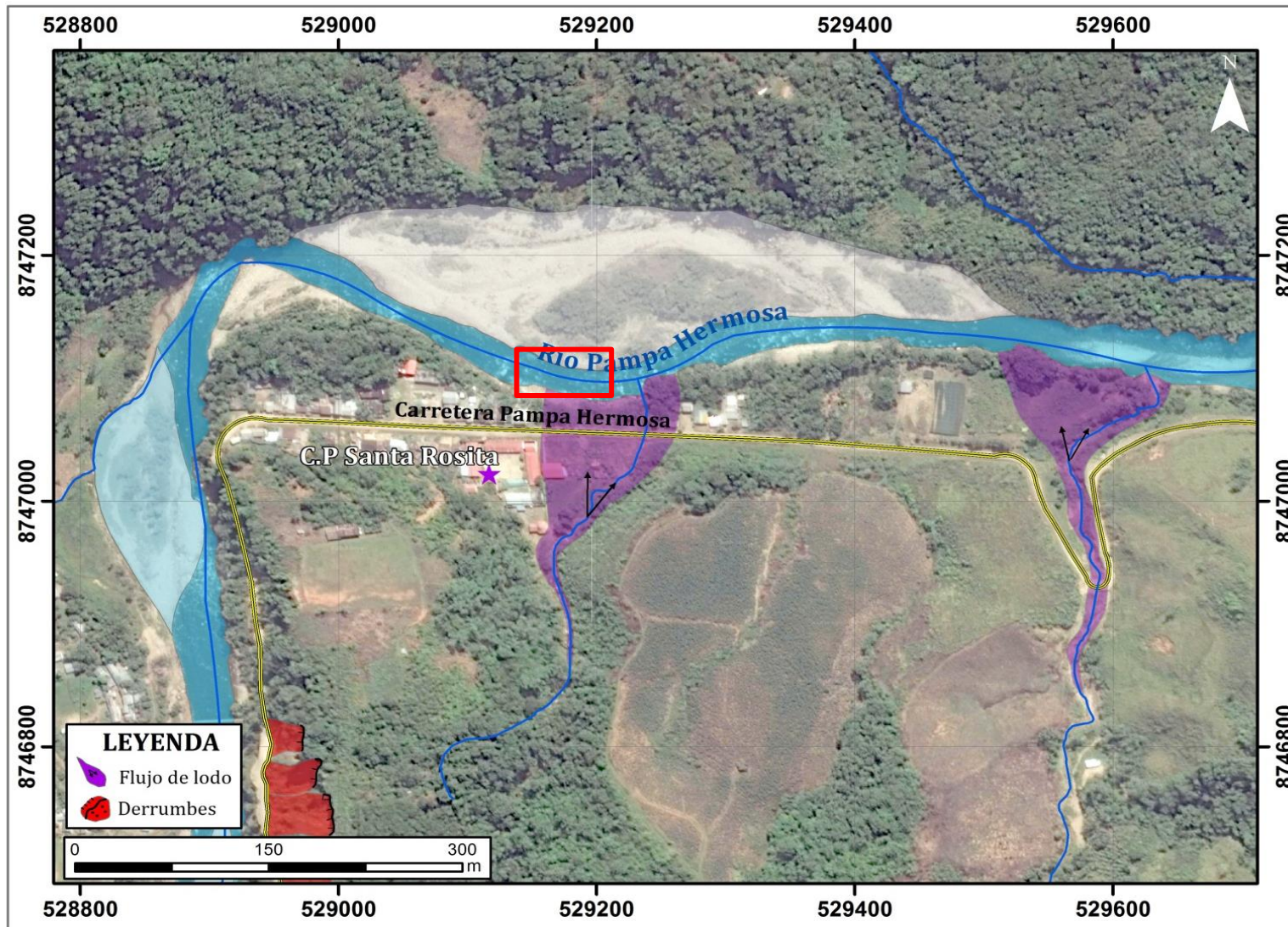


Figura 6: Mapa Geodinámico del centro poblado Santa Rosita.



Foto 6: Troncos de árboles transportados por el flujo de lodo. Fuente COEN – INDECI 2016.

Algunas viviendas y terrenos de cultivo (cafetales y platanales), ubicados al borde de la quebrada Santa Rosita, fueron inundados por el flujo de lodo (foto 7).



Foto 7: Viviendas y terrenos de cultivo afectas por el flujo de lodo. Fuente COEN – INDECI 2016.

La baja pendiente de la terraza aluvial (menor a 3°), permitió que el flujo deposite sedimentos y troncos de árboles.

El evento afectó posta médica Santa Rosita (foto 8), Escuela N° 31898 - Santa Rosa de Omayro (foto 11) y 40 m de la carretera antigua Satipo-Huancayo.

El Centro educativo nivel inicial N°1011 Santa Rosita, ubicado en la margen izquierda de la quebrada, fue inundado por el flujo de lodo, alcanzó una altura de 0.60 m. (figura 8)



Foto 8: Vista de la Posta médica Santa Rosita afectada por flujo de lodo. Fuente COEN – INDECI 2016.



Figura 7: Troncos de árboles transportados por el flujo de lodo, llegaron hasta la carretera antigua Satipo-Huancayo. Fuente COEN – INDECI 2016.



Figura 8: El centro inicial Santa Rosita, fue afectado por el flujo de lodo (2013). Vista de la marca dejada por el paso del flujo de lodo (2018).

4.1.2 Sector Monte Olivo.

El centro poblado Monte Olivo, es disectado por dos quebradas (foto 9), que en periodos de precipitaciones intensas se activa originando flujos de lodo.

En su dinámica de transporte, el flujo de lodo arrastró clastos de roca intrusiva de 30 cm de diámetro y plantaciones nativas, afectando las viviendas asentadas al borde de la quebrada, loza deportiva (figura 9).



Figura 9: Vista del material transportado por el flujo de lodo (clastos y arbustos), depositado sobre la loza deportiva.



Foto 9: Vista del canal afluyente al río Pampa Hermosa.

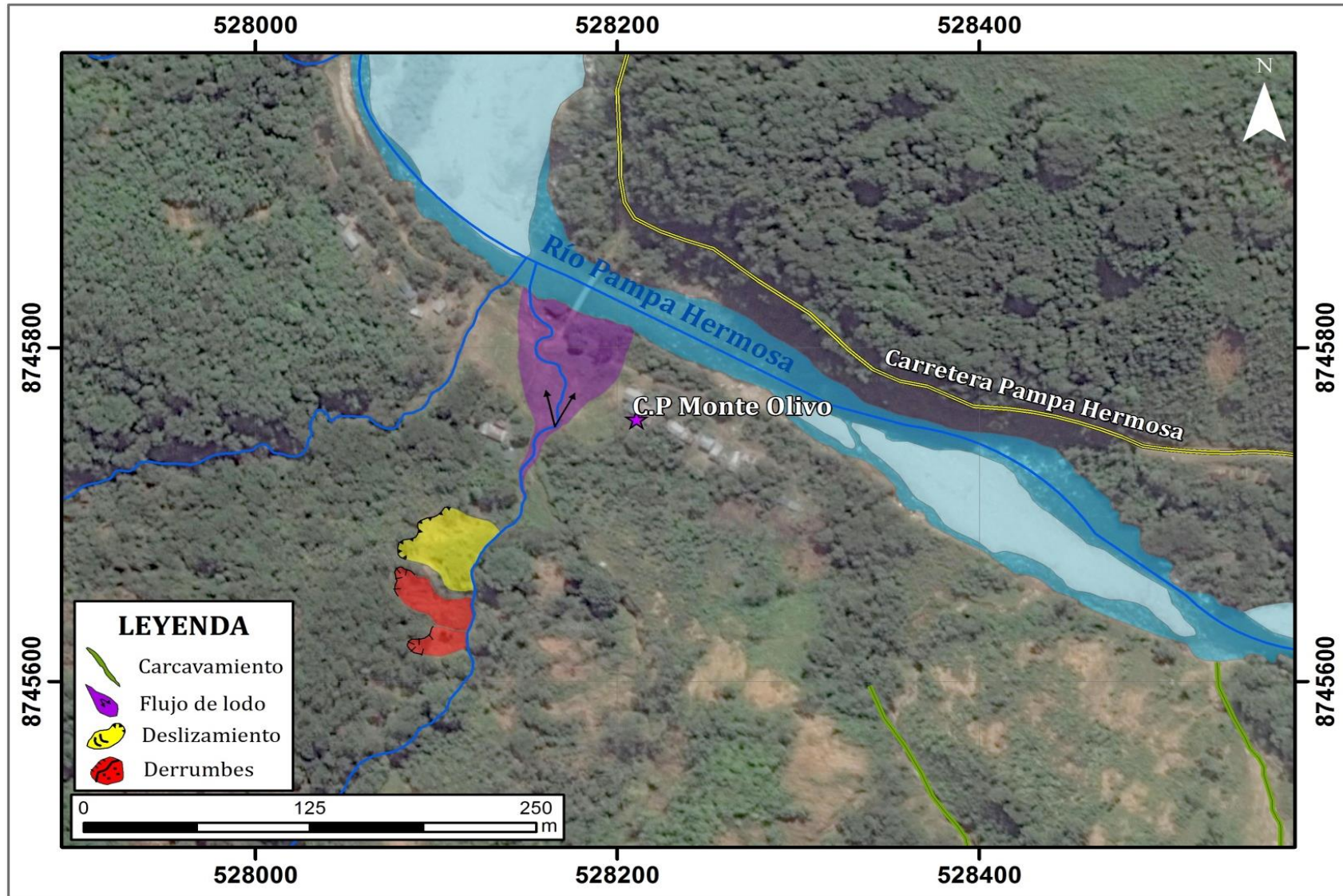


Figura 10: Mapa de geodinámica del centro poblado Monte Olivo.

4.1.3 Santa Viviana Baja

El centro poblado Santa Viviana Baja, se ubica en la margen izquierda de la quebrada.

En el cauce de la quebrada, se tienen un bloque de roca intrusiva con las siguientes dimensiones 10 m x 18 m x 10 m, este fue posiblemente trasportado por un huayco antiguo (Figura 11),

El bloque se encuentra apegado en la margen izquierda, sirve como barrera natural para el poblado, ante la generación de flujos de menores dimensiones. Por la presencia del bloque el cauce actual de la quebrada ha migrado hacia la margen derecha.

Por la presencia de este bloque en el cauce de la quebrada, se puede decir que esta quebrada se pueden generar flujos de grandes dimensiones.



Figura 11: Sector Santa Viviana Baja.

Los terrenos de cultivo (cafetales y platanales), están ubicados en zonas susceptibles (borde del río) a inundación y erosión fluvial (figura 12).



Figura 12: Se observa sembríos al borde del río (zona susceptible).

4.2 Deslizamiento

4.2.1 Sector Santa Viviana Baja

En el área de estudio se tienen dos deslizamientos activos (Figura 7):

Deslizamiento rotacional (D1): Presenta un escarpe de forma semicircular, con 30 cm de salto de su escarpe principal, tiene una pendiente de 40°. En el cuerpo del deslizamiento se observan erosión de ladera (carcavamiento) de 1 m de ancho. En el interior de la cárcava se observan bloques redondeados (figura 13), producto de un alto grado de meteorización esferoidal. El deslizamiento afecta 140 m de la carretera afirmada.



Figura 13: Erosión de ladera, en el cuerpo del deslizamiento activo (D1).

Deslizamiento rotacional (D2): Constituido por un escarpe de forma semicircular, con longitud de escarpa de 70 m. El desnivel entre escarpe y pie es 35 m (figura 14), en pendiente moderada.

El material deslizado está constituido de suelo arenoso limoso, color pardo claro, presenta bloques subredondeados, producto de la meteorización esferoidal. El deslizamiento afecta viviendas y 73 m de la carretera antigua Satipo-Huancayo.



Figura 14: Deslizamiento rotacional, afecto la carretera antigua Satipo- Huancayo.

4.3 Derrumbes

4.3.1 Santa Viviana Baja

Es el desplome de material a partir de una superficie de rotura irregular (fracturas de las rocas, terrenos sueltos, corte de talud para la construcción de carreteras y/o viviendas). Son muy repentinos y extremadamente rápidos (Villacorta *et al.*, 2015).

En la antigua carretera afirmada Satipo-Huancayo, se generó un derrumbe de 25 m de altura, destruyó una vivienda ubicada al pie de la ladera (figura 15).



Figura 15: Zona de derrumbe.

Se tienen las características de inestabilidad existentes en la zona:

- a) Roca con fracturamiento a favor de la pendiente.
- b) Corte de talud de 60°, que lo hace inestable.
- c) Pendiente del terreno hasta de 30° (foto 10).
- d) Suelo inconsolidado, de fácil remoción (foto 11).

Este sector es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.



Foto 10: Corte de talud para la construcción del camino carrozable a Santa Viviana alta.



Foto 11: Carretera antigua Satipo-Huancayo obstruido por la ocurrencia de derrumbes. Fuente INDECI-COEN, 2016.

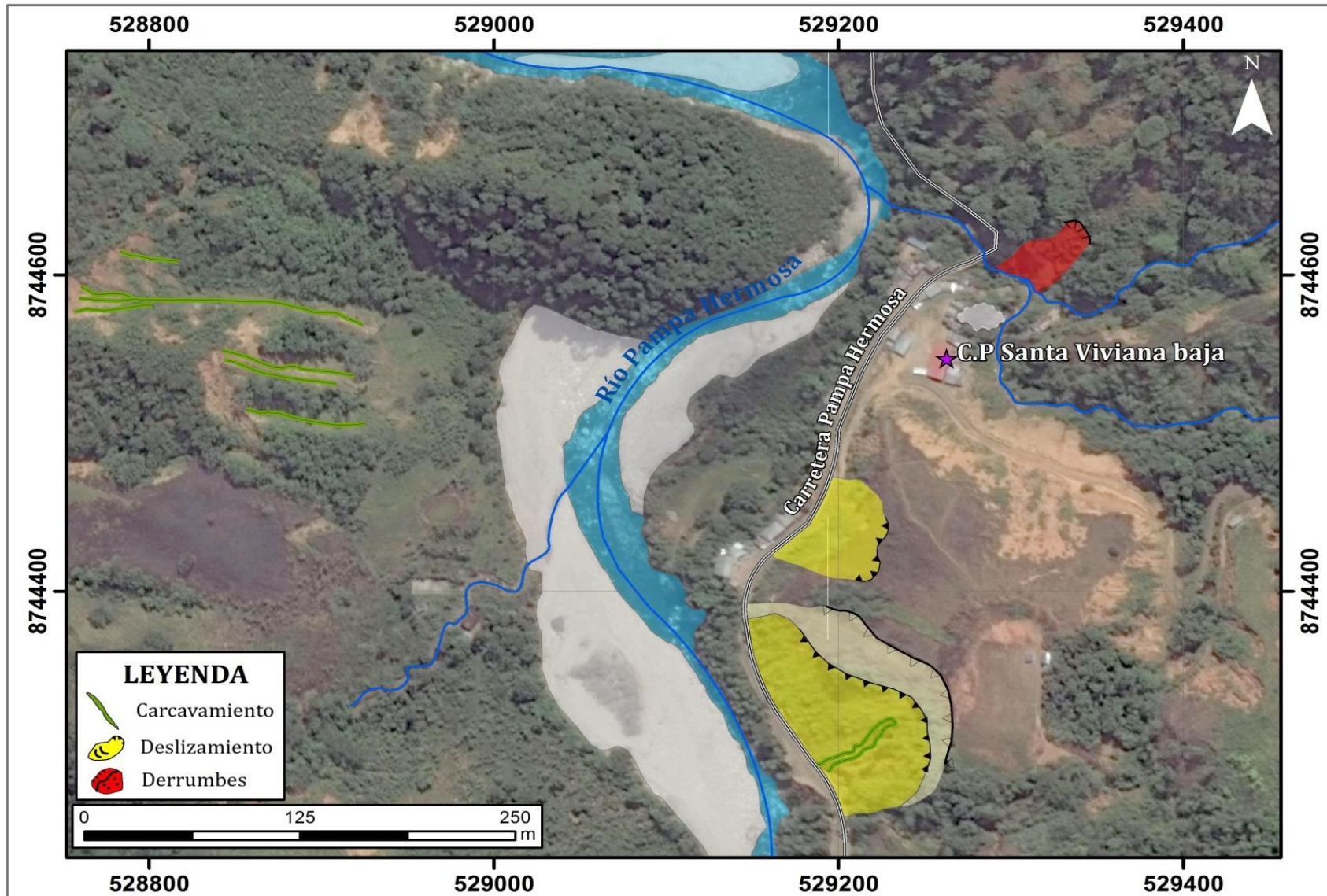


Figura 16: Mapa Geodinámico del centro poblado Santa Viviana Baja.

4.3.2 Santa Viviana Alta.

El centro poblado de Santa Viviana Alta, está asentado a la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, sobre una ladera de montaña intrusiva (foto 12), es afectada por derrumbes.

Los cortes de talud para la construcción de vía de acceso, esta generado inestabilidad en la ladera (foto 13), se aprecian derrumbes a lo largo de ella.



Foto12: Vista del sector Santa Viviana alta, asentada sobre ladera de montaña intrusiva.



Foto 13: Corte de talud para la construcción de camino carrozable, que ha generado inestabilidad en el terreno.

El material de proveniente de la construcción de la vía (desmonte), es vertido sobre las laderas (fotos 14 y 15). Este material en tiempos de lluvias es de fácil remoción, puede desplazarse cuesta abajo, esto contribuirá con incrementar el volumen de carga hacia la quebrada, por ello se pueden generar nuevos movimientos en masa

Durante el mes de febrero de 2016, se generaron flujos de lodo, con lluvias similares o de mayor volumen, detonaran nuevos movimientos en masa. Por lo tanto, no es

recomendable verter material suelto en zonas altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, como laderas empinadas.



Foto 14: Material vertido sobre laderas muy empinadas.



Foto 15: Material de remoción antiguo.

5 FACTORES O CAUSAS NATURALES

- 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).
- Laderas con pendiente entre 25° a 40°. Esto origina, que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
- Fracturamiento de la roca a favor de la pendiente.

- Contacto entre suelo y roca, donde la superficie de la roca tiene una pendiente de 30°, esto ocasiona que el suelo se desestabilice y se deslice cuesta abajo.
 - Las vías de acceso y calles del poblado tienen mal sistema de drenaje de las aguas pluviales, en algunos casos se encuentran obstruidos.
 - Corte de talud inadecuados para la construcción de camino carrozable.
 - Asentamientos humanos en zonas susceptibles a movimientos en masa.
 - Deforestación, que permite que el
- Factor detonante: lluvias intensas.

6 MEDIDAS CORRECTIVAS

6.1 Para 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 generar flujos. En zonas donde existen cárcavas de gran longitud y 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 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.
- 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.
- 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 zonas circundantes a ella (figura 17), 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.

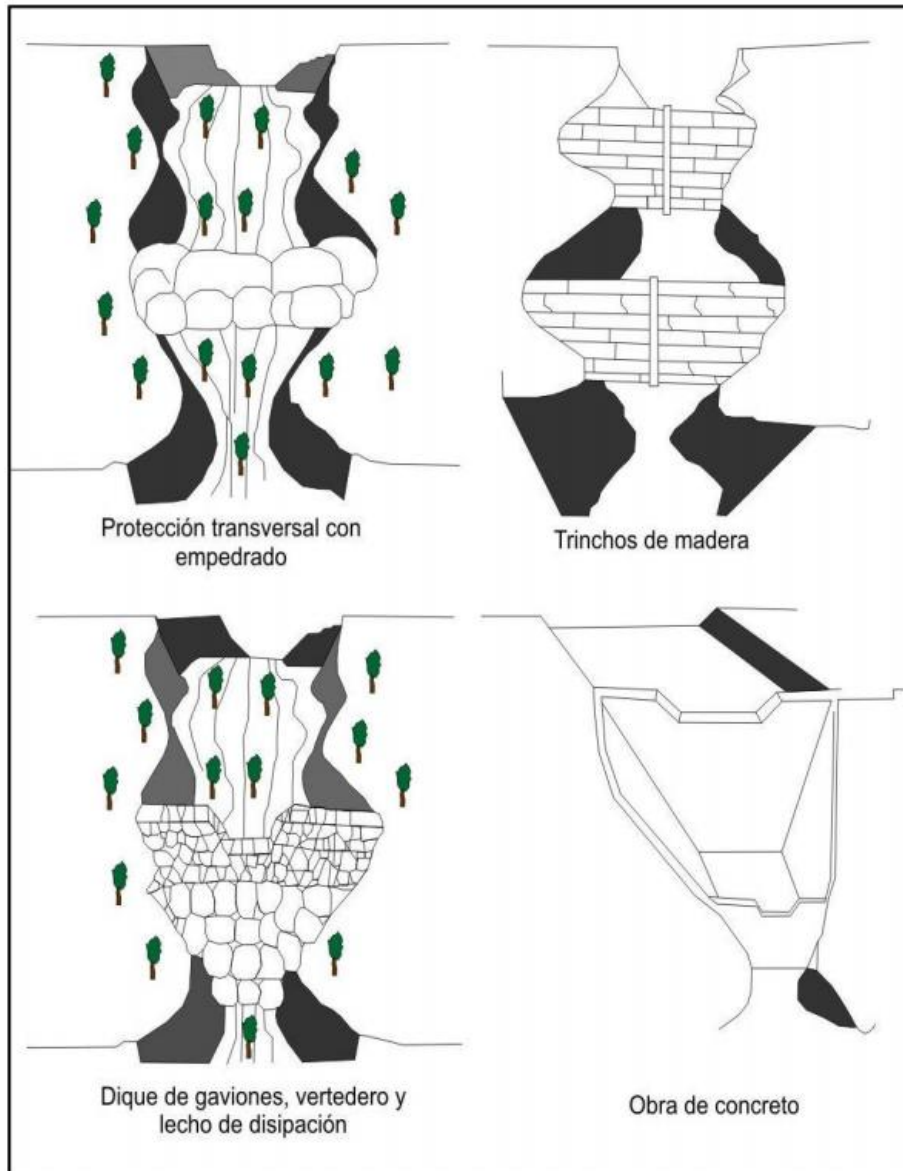


Figura 17: Obras hidráulicas para el control de la erosión en cárcavas.

6.2 Para deslizamientos

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.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes de 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 18).

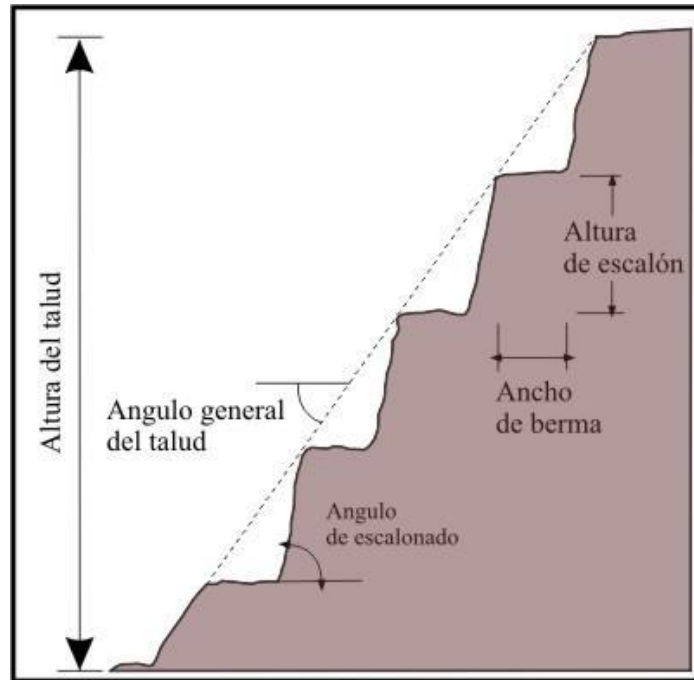


Figura 18: Esquema de un talud con bermas intermedias.

6.2.1 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 medidas con 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 19). 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.

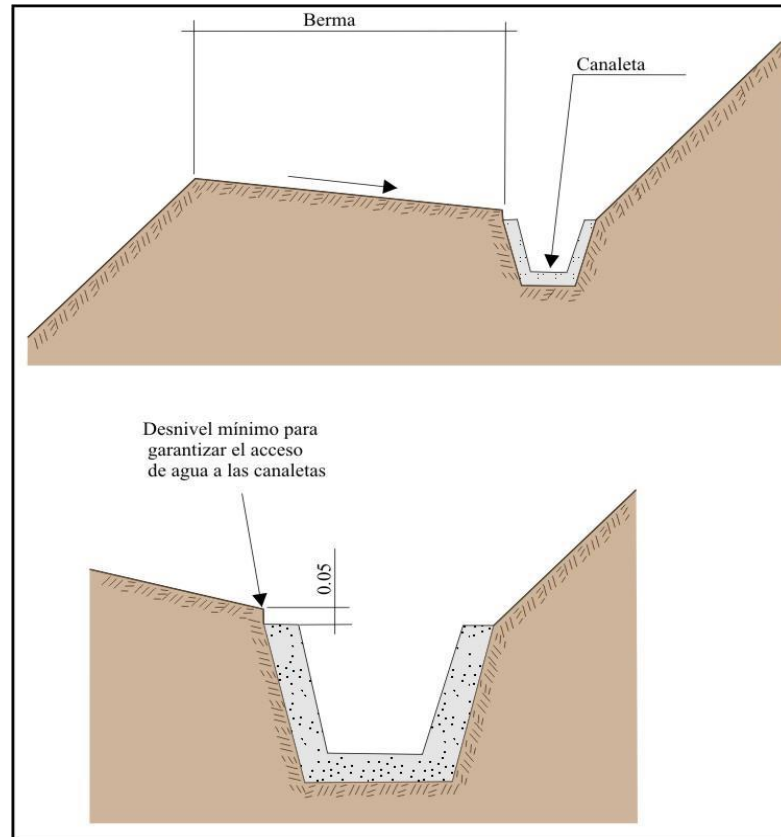


Figura 19: Detalle de una canaleta de drenaje superficial.

6.3 Para derrumbes

Utilizando técnicas apropiadas, es posible controlar el riesgo de los caídos de roca de tamaño de hasta 2 o 3 metros de diámetro (figura 20). La selección y el diseño de un sistema apropiado de control de caídos de roca requieren de un conocimiento muy completo del comportamiento del caído.

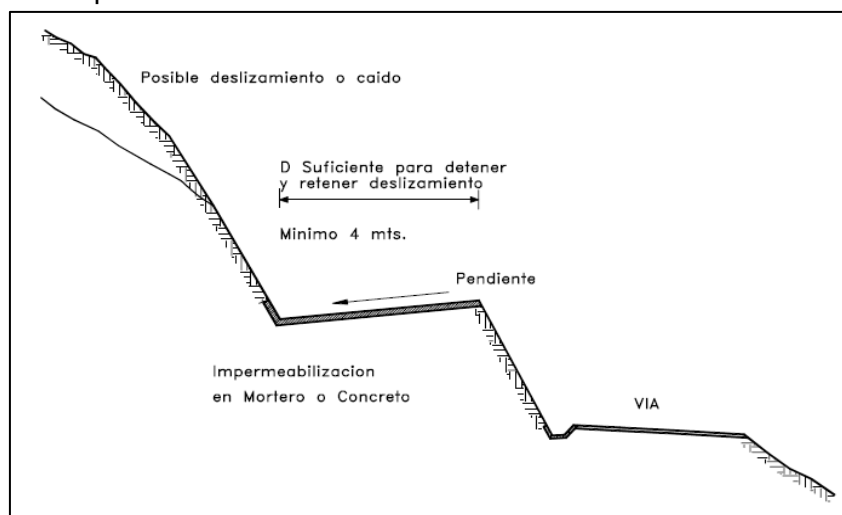


Figura 20: Bermas para detener caídos o derrumbes de roca o suelo.

Los factores más importantes a tener en cuenta en el diseño de estas estructuras son las siguientes:

- a. Trayectoria de las rocas.
- b. Velocidad.
- c. Energía de impacto.
- d. Volumen total de acumulación.

Existen programas de computador que simulan el comportamiento de los caídos (Piteau, 1980; Wu, 1984 y Pfeiffer , 1990). Estos programas requieren de datos de entrada referentes a la topografía, irregularidades de la superficie, características de atenuación de los materiales del talud, tamaño y forma de los bloques, etc.

6.3.1 Trincheras

Una trinchera o excavación en el pie del talud puede impedir que la roca afecte la calzada de una vía y representa una solución muy efectiva cuando existe espacio adecuado para su construcción (figura 21).

El ancho y profundidad de las trincheras está relacionado con la altura y la pendiente del talud (Ritchie, 1963).

En taludes de pendiente superior a 75 grados, los bloques tienden a permanecer muy cerca de la superficie del talud y para pendientes de 55 a 75 grados tienden a saltar y rotar, requiriéndose una mayor dimensión de la trinchera.

Para pendientes de 40 a 55 grados los bloques tienden a rodar y se requiere de una pared vertical junto a la trinchera para que los bloques no traten de salirse. Cuando hay discontinuidades en la superficie del talud se debe analizar a detalle la dinámica de los caídos para un correcto diseño de las trincheras.

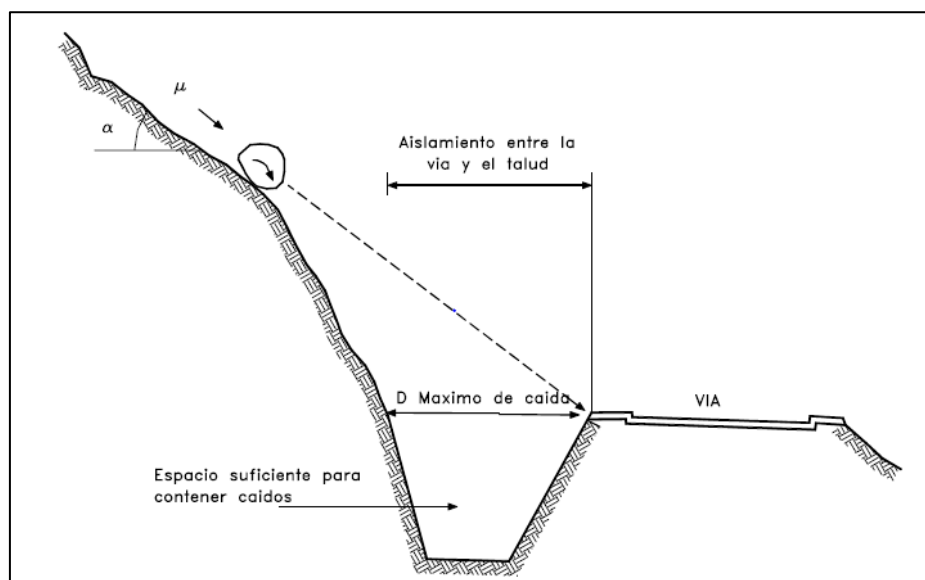


Figura 21: Trincheras para control de flujos caídos o avalanchas

CONCLUSIONES

1. Por los diferentes movimientos en masa observados en los sectores de Santa Rosita, Monte Olivo, Santa Viviana Alta y Santa Viviana Baja, se le considera como geodinámicamente activa: Zona Crítica, de **peligro inminente ante lluvias intensas**.
2. Los movimientos en masa (derrumbes, flujo de detritos y deslizamientos) registrados en los sectores de Santa Rosita, Monte Olivo, Santa Viviana Alta y Santa Viviana Baja 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 cauce de quebradas.
3. El flujo de lodo proveniente de la quebrada Santa Rosita, afecto viviendas, centro de salud, centro educativo inicial y el colegio Santa Rosita.
4. Los deslizamientos ocurridos en el sector de Santa Viviana afectaron 113 m de la carretera antigua Satipo – Huancayo.
5. Dado que las condiciones de inestabilidad en la zona de estudio, los movimientos en masa continuaran, afectando vías de acceso y viviendas ubicadas al pie del talud, así como aquellas viviendas que se localicen en las cercanías de los ríos.

RECOMENDACIONES

1. Los terrenos de cultivo en terrazas bajas, deben estar orientados a estacionales, podrían ser de corta duración, para evitar que sean dañados en tiempos de lluvias.
2. Efectuar trabajos de canalización y obras de drenaje para direccionar los flujos en las quebradas.
3. Dar mantenimiento periódico a la carretera afirmada, limpiando cunetas y drenajes.
4. Verter el material de desmote en zonas de baja susceptibilidad.
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. No verter material suelto en las laderas, porque esto incrementa de una manera u otra con material suelto, que iría hacia el cauce de la quebrada, esto incrementaría el volumen de los posibles flujos que se puedan generar.
7. 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.
- 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.
- Köppen-Geiger (1961). World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated”.
- 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. 2019. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Capítulo cinco, los flujos. 36p.
- 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