

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7307

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LAS QUEBRADAS MALCAMAL, CHILCHOS Y PRIMER TRAMO DE LA VÍA PIPUS – CHETO (AM-681), LOCALIDAD DE PIPUS

Departamento Amazonas
Provincia Chachapoyas
Distrito San Francisco de Daguas



OCTUBRE
2022

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
LAS QUEBRADAS MALCAMAL, CHILCHOS Y PRIMER TRAMO DE LA VÍA PIPUS
– CHETO (AM-681), LOCALIDAD DE PIPUS***

(Distrito San Francisco de Daguas, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas)

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET.

Equipo de investigación:

*Lucio Medina Allcca
Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz
José Luis Moreno Herrera*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en las quebradas Malcamal, Chilchos y primer tramo de la vía Pipus – Cheto (AM-681), localidad de Pipus, distrito San Francisco de Daguas, provincia Chachapoyas, departamento Amazonas. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7307, 41p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Población.....	6
1.3.3. Accesibilidad.....	7
1.3.4. Clima	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	12
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	16
4.1. Modelos digitales de elevaciones (MDE)	17
4.2. Pendiente del terreno.....	17
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	22
5.1. Flujo de detritos en la quebrada Malcamal.....	22
5.1.1. Descripción del evento	22
5.1.2. Características del peligro	24
5.2. Flujo de detritos en la quebrada Chilchos	25
5.2.1. Descripción del evento	26
5.2.2. Características del peligro	27
5.3. Deslizamiento sobre el primer tramo de la Vía Pipus – Cheto (AM-681)	29
5.3.1. Descripción del evento	29
5.3.2. Caracterización de los peligros.....	30
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES.....	33
BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO 1. MAPAS	35
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	39

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, en las quebradas Malcamal, Chilchos y primer tramo de la Vía Pipus – Cheto (AM-681), localidad de Pipus, distrito de San Francisco de Daguas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el sector afloran areniscas de la Formación Sarayaquillo y del Grupo Goyllarisquizga, cuyos macizos rocosos se encuentran de medianamente a muy fracturados; de moderada a altamente meteorizados; cubiertas por sectores, por depósitos coluvio-deluviales, aluviales, fluviales y proluviales, constituido de bloques, cantos, gravas, arenas y limos, permeables y de baja cohesión, lo que los hace susceptibles a movimientos en masa.

En el área la morfología se representa por la subunidad montaña modelada en rocas sedimentarias (M-rs), que presenta laderas con pendiente fuerte (15° a 25°); así como montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs) con pendientes muy fuerte a escarpada (25° a 45°). Por otro lado, las sub unidades de vertiente con depósito de deslizamiento (V-cd) con pendiente muy fuerte o escarpada (5° a 20°); piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial (P-pral) con pendiente moderada (5° a 15°); terraza aluvial (T-al) con pendiente suave (1° a 5°); y terraza fluvial (T-fl) con pendiente llana (menor a 1°).

Dentro de los peligros geológicos identificados, se tienen dos flujos de detritos activos, que se presentan en las quebradas Malcamal y Chilchos; además un deslizamiento activo que afecta el primer tramo de la vía Pipus – Cheto (AM-681); cuyo tramo aún no cuentan con medidas de control de riesgos adecuadas y definitivas.

Además, en las laderas desprovistas de la cobertura vegetal por la actividad agrícola, se identificaron proceso de erosión de laderas.

Los procesos mencionados podrían incrementar sus dimensiones (tamaño y desplazamiento) en temporadas de intensas precipitaciones pluviales, por lo que se considera como **Zona Crítica y de peligro Muy Alto** a la ocurrencia de flujos de detritos (Quebradas Malcamal y Chilchos) y deslizamiento (primer tramo de la vía Pipus – Cheto).

Finalmente, se brindan las recomendaciones para que las autoridades y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada; tal es así que: a) Para la quebrada Malcamal, la canalización de la parte baja de la quebrada con concreto, programar actividades de descolmatación y reforestación de la parte alta; b) Para la quebrada Chilchos, la reconstrucción y ampliación del canal con una mayor sección transversal, programación de actividades de descolmatación y reforestación de la parte alta; y finalmente, c) Para el primer tramo de la vía Pipus – Cheto, la construcción de un canal de coronación, un sistema de zanjas de drenaje colectoras, un muro de contención y la reforestación de la parte alta del deslizamiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Provincial de Chachapoyas, departamento de Amazonas, según OFICIO N° 000996-2021-MPCH/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en las quebradas Malcamal, Chilchos y primer tramo de la vía de conexión Pipus – Cheto (AM-681), en la localidad de Pipus.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz, José Luis Moreno Herrera, Lucio Medina Allcca y Elvis Rubén Alcántara Quispe, quienes realizaron la evaluación de peligros geológicos que afectan a las viviendas, vías e infraestructuras de la localidad de Pipus; llevados a cabo los días 14 y 15 de diciembre del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores del Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de Municipalidad Provincial de Chachapoyas, y entidades gestoras de riesgos, dónde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los movimientos en masa que se presentan en las quebradas Malcamal, Chilchos y primer tramo de la Vía Pipus – Cheto (AM-681), localidad de Pipus, distrito de San Francisco de Daguas y provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- En el Boletín N° 56 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar (Sánchez Fernández, 1995); se describe la geología de la localidad de Pipus a una escala 1/100,000, evidenciando a las unidades Formación Sarayaquillo (Js-s) y Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) como basamento rocoso de la zona.
- En el Boletín N° 147 Serie A, Geología del Cuadrángulo de Chachapoyas (Hojas 13-h) (Rodríguez Mejía et al., 2012); se describe la geología de la localidad de Pipus a una escala 1/50,000; donde se precisan los contactos entre las unidades Formación Sarayaquillo y Grupo Goyllarisquizga; resaltando la cartografía de depósitos aluviales y fluviales en el fondo del valle.
- Así también, en el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa descrito en el Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina Allca et al., 2009), las zonas de estudio se sitúan sobre terrenos de susceptibilidad media, alta y muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa; referenciando las zonas con recurrente activación de flujos.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área de evaluación comprende a las quebradas Malcamal, Chilchos y el primer tramo de la Vía Pipus – Cheto (AM-681), en la localidad de Pipus, distrito de San Francisco de Daguas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas (Figura 1), cuenta con las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 18S:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio, localidad de Pipus

N° de vértice	UTM – WGS 84 - Zona 18S		Coordenadas Decimales	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	198699	9311600	-6.220903°	-77.722641°
2	198699	9309900	-6.236265°	-77.722717°
3	196999	9309900	-6.236185°	-77.738068°
4	196999	9311600	-6.220824°	-77.737991°
Coordenada central de los eventos evaluados				
Flujo detritos quebrada Malcamal	197742	9310641	-6.229524°	-77.731326°
Flujo detritos quebrada Chilchos	197520	9310754	-6.228493°	-77.733325°
Deslizamiento primer tramo Vía Pipus – Cheto (AM-681)	197625	9310517	-6.230639°	-77.732388°

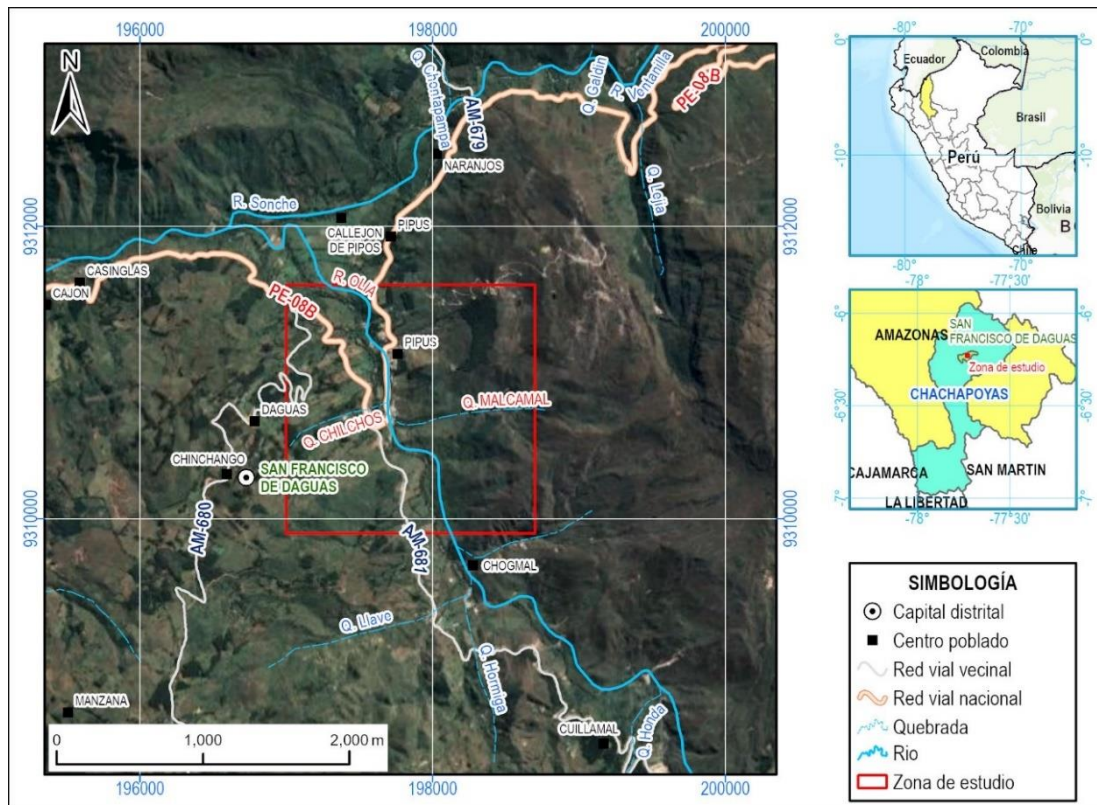


Figura 1. Ubicación de las quebradas Malcamal y Chilchos, localidad de Pipus, distrito de San Francisco de Dagwas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas.

1.3.2. Población

a) Población total

De acuerdo a los resultados de los Censos Nacionales 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019), señala que el distrito San Francisco de Dagwas a donde pertenece la localidad de Pipus, cuenta con una población de 295 habitantes (Cuadro 2)

Cuadro 2. Número de habitantes del distrito de San Francisco de Dagwas. **Fuente** INEI 2019.

Sexo	Casos	Porcentaje
Hombre	150	50.85%
Mujer	145	49.15%
Total	295	100.00%

b) Población según ciclo de vida

El distrito se caracteriza por presentar una población adulta mayor, en general, representando el 26.1% (de 60 años a más); siendo los infantes (de 0 a 5 años) sólo el 5.42% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de habitantes según ciclo de vida. **Fuente:** INEI 2019.

Ciclo de vida	Casos	Porcentaje	Acumulado
Primera infancia (0 - 5 años)	16	5.42%	5.42%
Niñez (6 - 11 años)	22	7.46%	12.88%
Adolescencia (12 - 17 años)	30	10.17%	23.05%
Jóvenes (18 - 29 años)	35	11.86%	34.92%
Adultos/as jóvenes (30 - 44 años)	56	18.98%	53.90%
Adultos/as (45 - 59 años)	59	20.00%	73.90%
Adultos/as mayores (60 y más años)	77	26.10%	100.00%
Total	295	100.00%	100.00%

1.3.3. Accesibilidad

Se accede por vía terrestre, desde la ciudad de Chachapoyas mediante la carretera asfaltada PE-08B, tal como se muestra en la Figura 2 y se detalla en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Chachapoyas – Pipus	Asfaltada	28.1	50 minutos

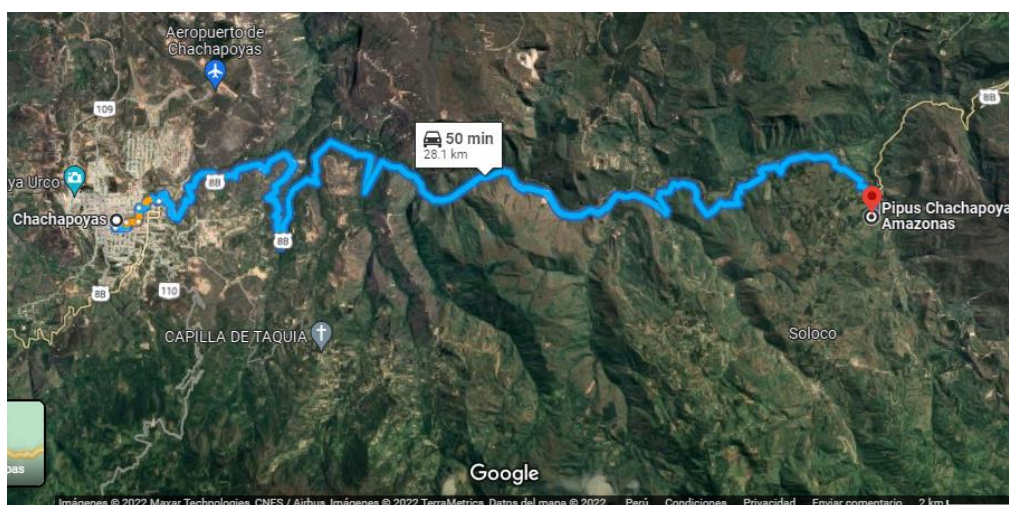


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta las quebradas Malcamal y Chilchos, localidad de Pipus. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee 2: lluvioso con humedad y semiseco con humedad (Figura 3):



Figura 3. Mapa de climas de la zona de estudio, en línea roja: Semiseco (en el valle) y Lluvioso (en las cumbres de montañas) con humedad abundante todas las estaciones del año, templado.

Fuente: Senamhi.

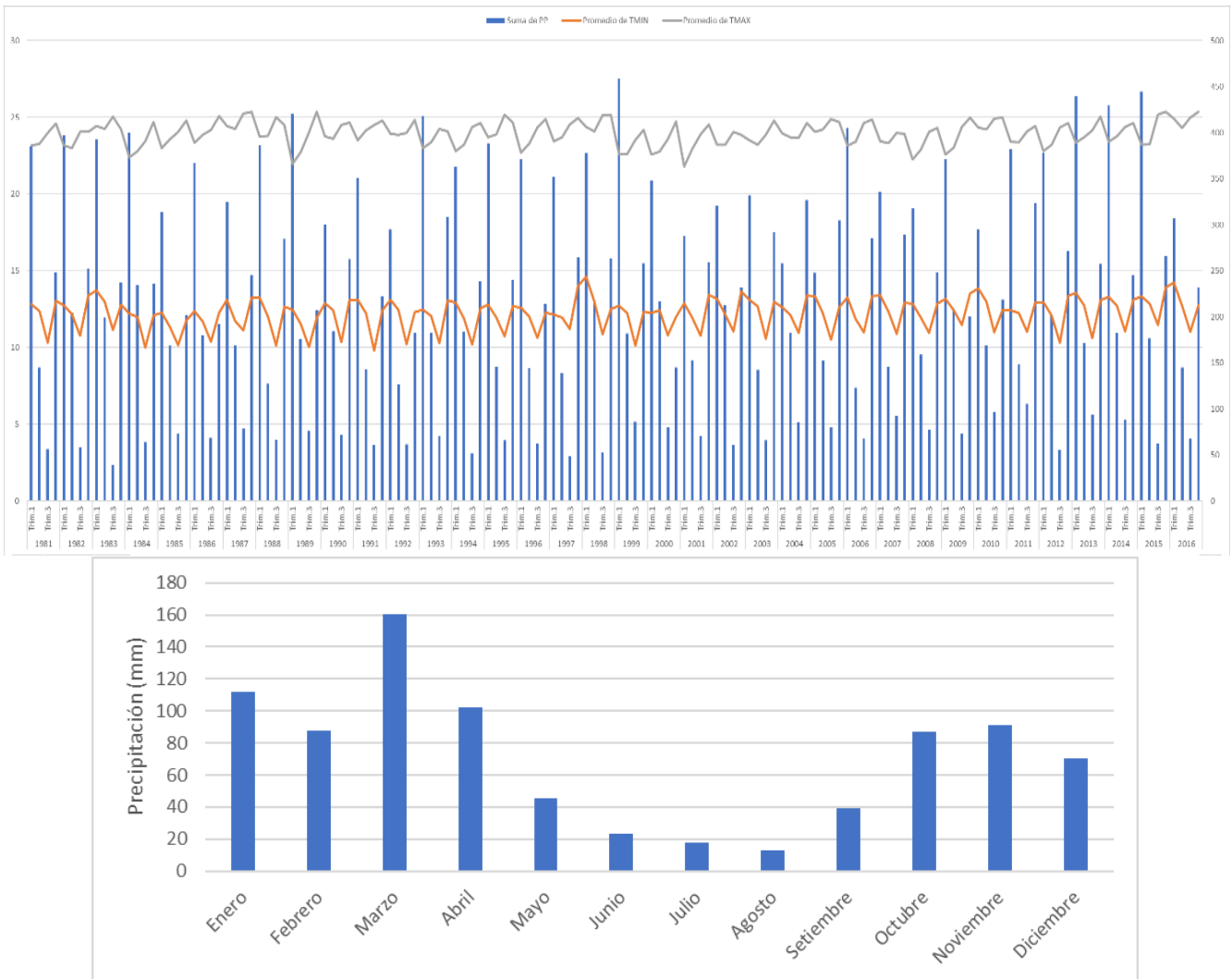
- Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado, B (r) B': en las partes bajas de la zona; con temperatura máxima entre 25°C a 29°C y temperatura mínima de 11°C a 17°C; además de una precipitación anual entre 1200mm y 3000mm, aproximadamente.
- Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. C (r) B': en las cumbres montañosas; con una temperatura máxima entre 21°C y 25°C y una mínima de 7°C a 11°C, además de una precipitación anual entre 700mm y 2000mm, aproximadamente.

▪ Temperatura y precipitación

De acuerdo a la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) - Estación meteorológica Chachapoyas, que es la más cercana a la localidad de Pipus, y a través de la base de datos Peruvian Interpolated Data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations (PISCO), la temperatura máxima alcanzó los 24 °C en promedio y la mínima llegó hasta los 12 °C en promedio; la temperatura mínima histórica alcanzada fue de 9.7 °C (primer trimestre del año 1991), y la máxima fue de 25.4 °C (cuarto trimestre de 1989); tal como se muestra en el Gráfico 1.

La precipitación promedio en la temporada de lluvia es de 49.49mm/día, notándose que el mes más lluvioso es marzo alcanzando 160.7 mm, y el mes con menos lluvioso, agosto con 12.8 mm. Históricamente, los valores máximos de precipitación se presentaron en el primer trimestre del año 1991, registrando 458.7 mm; y el valor mínimo fue de 39.2 mm registrado en el tercer trimestre del año 1983 (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribución de precipitación y temperatura por trimestre (1981-2016).



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Peruvian Interpolated Data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations – Municipalidad Provincial de Chachapoyas.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Caída: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en caídas de rocas, suelos y derrumbes.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento pendiente abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden & Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Flujo: 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). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolla en base a los Boletines de la Serie A, Carta Geológica Nacional, N°56 “Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar” (Sánchez Fernández, 1995); y el boletín N°147 “Geología del cuadrángulo de Chachapoyas Hoja 13-h” (Rodríguez et al., 2012); complementados y validados con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en los alrededores de la zona evaluada corresponden a la Formación Sarayaquillo y el Grupo Goyllarisquizga, coberturadas por depósitos cuaternarios de origen aluvial, coluvio deluvial, proluvial y fluvial (Figura 7 y 8).

A continuación, se detallan las características de estas unidades:

Formación Sarayaquillo (Js-s)

Litológicamente, consiste principalmente en areniscas cuarzo feldespáticas, arcosas y grauvacas, intercaladas con lutitas rocas; también, se encuentran secuencias de areniscas pardo-amarillentas y pardo verdosas. Dichas secuencias presentan delgados niveles de brechas con fragmentos de calizas angulosas englobados en una matriz calcárea arenosa de color rojo.

En la zona de estudio, estos afloramientos se encuentran con un grado de fracturación “Muy fracturado” y de meteorización “altamente meteorizado”, además sus discontinuidades se muestran meteorizadas y con rellenos de arcillas y limos sueltos (Figura 4); por lo que tiene un Índice de Resistencia Geológica-GSI baja, 31 en promedio (Figura 6).



Figura 4. Macizo rocoso muy fracturado y altamente meteorizado de la Formación Sarayaquillo en la vía Pipus – Cheto. **Ubicación:** Este: 197802, Norte: 9310213; **Altitud:** 2031. **Fuente:** Municipalidad Provincial de Chachapoyas.

Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Consiste en areniscas cuarzosas de grano grueso a fino, en estratos tabulares de 0.5m a 3m de espesor, con base erosiva que puede ser rellenada por areniscas microconglomerádicas con laminaciones oblicuas, propio de un canal fluvial. El color de las areniscas varía entre blanco, blanco rojizo, blanco grisáceo a crema, con coloraciones rojizas y pardas debido a la meteorización. Ocasionalmente, dentro de las areniscas, se encuentran restos de troncos indeterminados. En la parte superior, se intercalan limolitas y limoarcillitas grises y verdosas.

Por las características de las facies detríticas que muestra el Grupo Goyllarisquizga, representa una sedimentación fluvial distal con influencia marina litoral, con ambientes restringidos de transición; incluso, algunos niveles representan una sedimentación eólica.

En la zona de estudio representa una topografía escarpada y con afloramientos rocosos que sobresalen en el paisaje; están asociados a grandes depósitos de suelos coluviales y deluviales, por procesos de meteorización y erosión en la roca, regolitos que son susceptibles a derrumbes y deslizamientos ante lluvias intensas.

Las areniscas de los macizos rocosos del Grupo Goyllarisquizga se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas; además sus discontinuidades son rugosas y abiertas, por lo que tienen una mayor resistencia geológica de las formaciones contiguas, haciéndola destacar en la topografía de la zona, con laderas escarpadas y poca vegetación (Figura 5); su Índice de Resistencia Geológica GSI es de 55, en promedio (Figura 6).



Figura 5. Vista de los estrados de areniscas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) en la parte alta de la quebrada Malcamal.

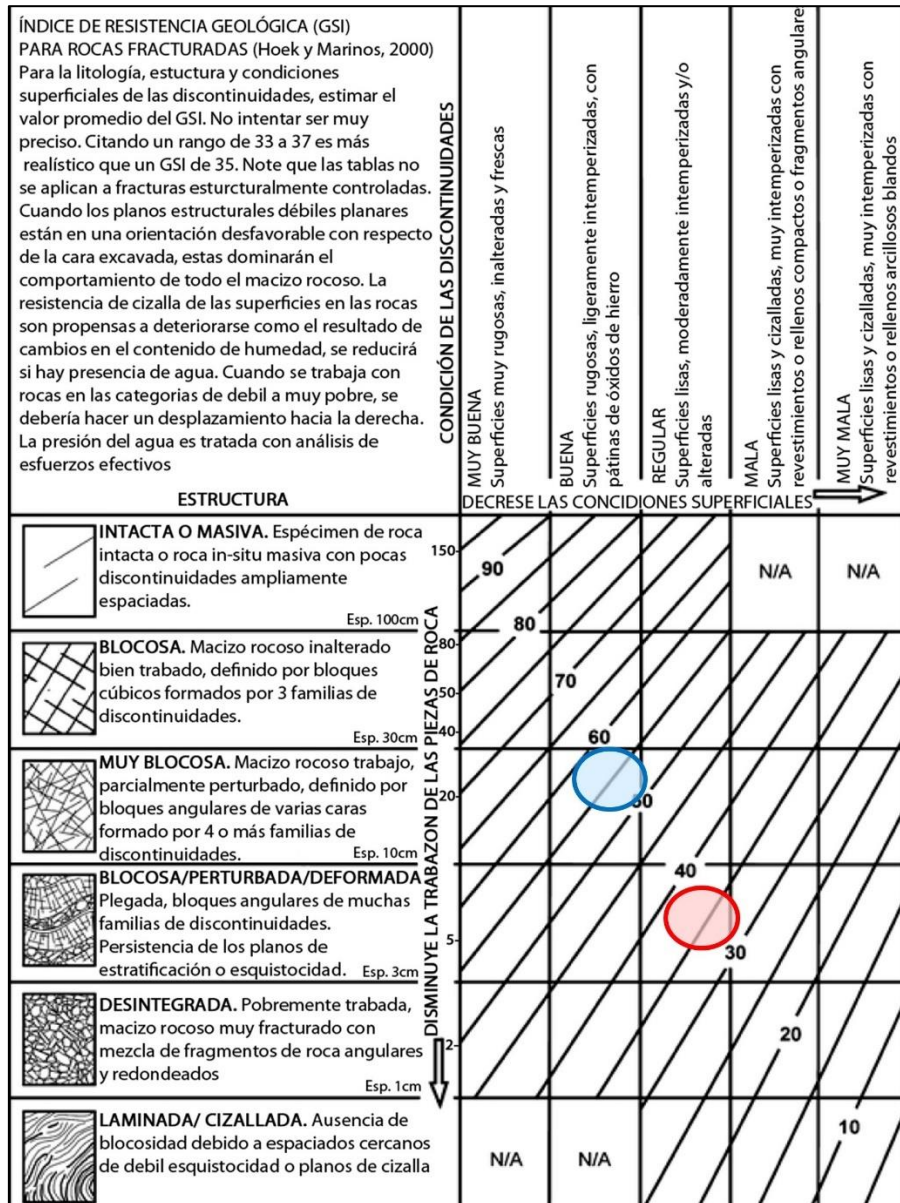


Figura 6. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos: En rojo la calidad de los macizos rocos de la Formación Sarayaquillo (Js-s) y en azul del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g). **Fuente:** Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

Depósito aluvial (Q-al)

Son depósitos de suelos arrastrados por escorrentías estacionales; actualmente, se ubican en los sectores circundantes a los cauces del río Olla; su composición es de arenas y gravas bien gradadas, con grandes bloques redondeados en secuencias cíclicas, que indican los eventos de avenidas del pasado.

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Corresponde a depósitos de suelos de estructura caótica, conteniendo desde suelos finos a grandes bloques angulosos a sub redondeados, donde, el principal agente de transporte ha sido la misma fuerza de gravedad, por lo que se ubican en sectores de fuerte a muy fuerte pendiente.

Depósito proluvial (Q-pr)

Este depósito se ubica en las quebradas Malcamal y Chilchos, donde se evidencia la acumulación de los detritos arrastrados por una corriente torrencial (flujo de detritos), siendo estos clastos desde bloques subredondeados hasta suelos finos.

Sobre esta unidad se ha asentado gran cantidad de infraestructuras de la localidad de Pipus.

Depósito fluvial (Q-fl)

Se ubican en las zonas inundables por el río Olla, donde arenas, limos se asientan constantemente, además de bloques redondeados, durante épocas de grandes avenidas debidas a intensas precipitaciones.



Figura 7. Formación Sarayaquillo (Js-s), Grupo Goyllarisquizga (Ki-g), depósitos coluvio-deluviales (Q-cd) y proluviales (Q-pr) en la parte alta de la quebrada Malcamal.



Figura 8. Formación Sarayaquillo (Js-s) y depósitos aluviales (Q-al), coluvio-deluviales (Q-cd), proluviales (Q-pr) y fluvial (Q-fl) en la parte alta de la quebrada Chilchos y las márgenes del río Olla.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Se han utilizado dos Modelos Digitales de Elevaciones obtenidas de vuelos fotogramétricos a detalle submétrico elaborados tanto al margen este (quebrada Malcamal) y oeste (quebrada Chilchos) del río Olia.

Para el área circundante, se ha utilizado un Modelo Digital de Elevaciones de fuente SRTM (NASA, 2020), corregida y optimizada a un detalle de 12.5m (AlosPalsar, 2011), con la finalidad de estudiar el relieve, pendientes y demás características de las quebradas Malcamal y Chilchos (Figura 9).

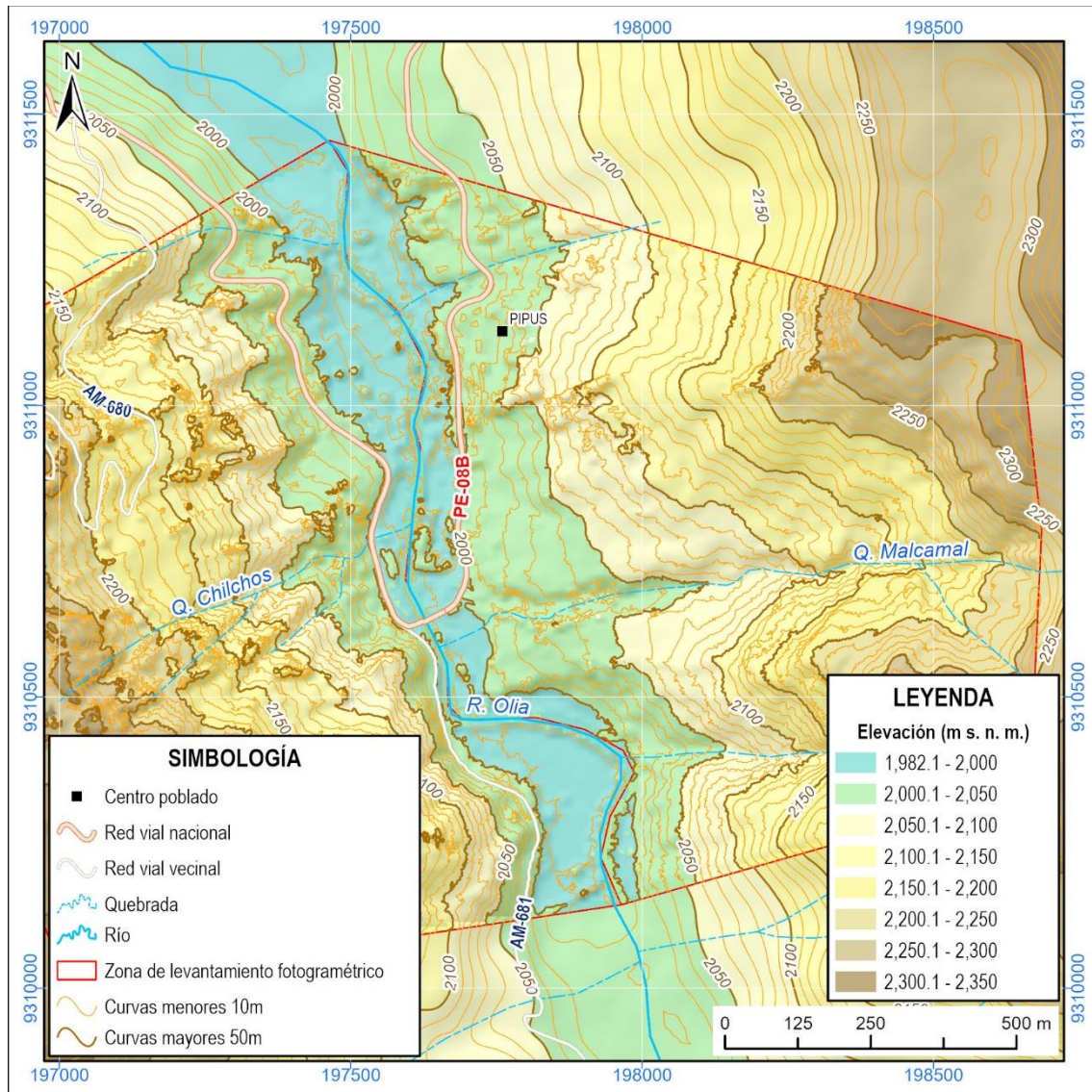


Figura 9. Modelo digital de elevaciones de la localidad de Pipus, las áreas delimitadas por líneas de color rojo muestran MDEs obtenidos de los vuelos fotogramétricos.

4.1. Modelos digitales de elevaciones (MDE)

La zona de estudio comprende altitudes que van desde los 1 982 hasta los 2 350 m. El área con mayor pendiente está comprendida entre los 2 050 y 2 100 m, con una pendiente promedio de más de 45°, cuyo substrato rocoso corresponden a la Formación Sarayaquillo, con montañas en rocas sedimentarias, encontrándose al margen oeste del río Olia; en el centro de la zona estudiada (Figura 9). Adicionalmente, entre la actitud de 2 300 y 2 350 m, se encuentra una zona con pendiente de entre 25° y 45°, corresponde al Grupo Goyllarisquizga y conforma una montaña estructural en rocas sedimentarias, ubicándose en la parte alta de la quebrada Malcamal, al este de la zona estudiada.

4.2. Pendiente del terreno

La zona estudiada comprende terrenos con pendientes fuertes (15°-25°) a muy fuertes (25°-45°) en las laderas de las montañas; sin embargo, existen sectores con pendiente muy escarpada (>45°), siendo estos lugares donde se generan continuamente los movimientos en masa (deslizamientos) que aportan con detritos a los flujos de detritos encausados en las quebradas Malcamal y Chilchos; siendo su destino final las áreas urbanas de la localidad de Pipus, donde la pendiente de los terrenos cambia a suave (1°-5°) y llana (<1°) (Mapa 2).

Ambas quebradas, Malcamal (Figura 10) y Chilchos (Figura 11), muestran la secuencia antes descrita, de terrenos con pendiente muy escarpada a llana; sin embargo, el deslizamiento de la Vía Pipus - Cheto muestra un cambio brusco de pendiente muy escarpada a pendiente moderada (Figura 11).

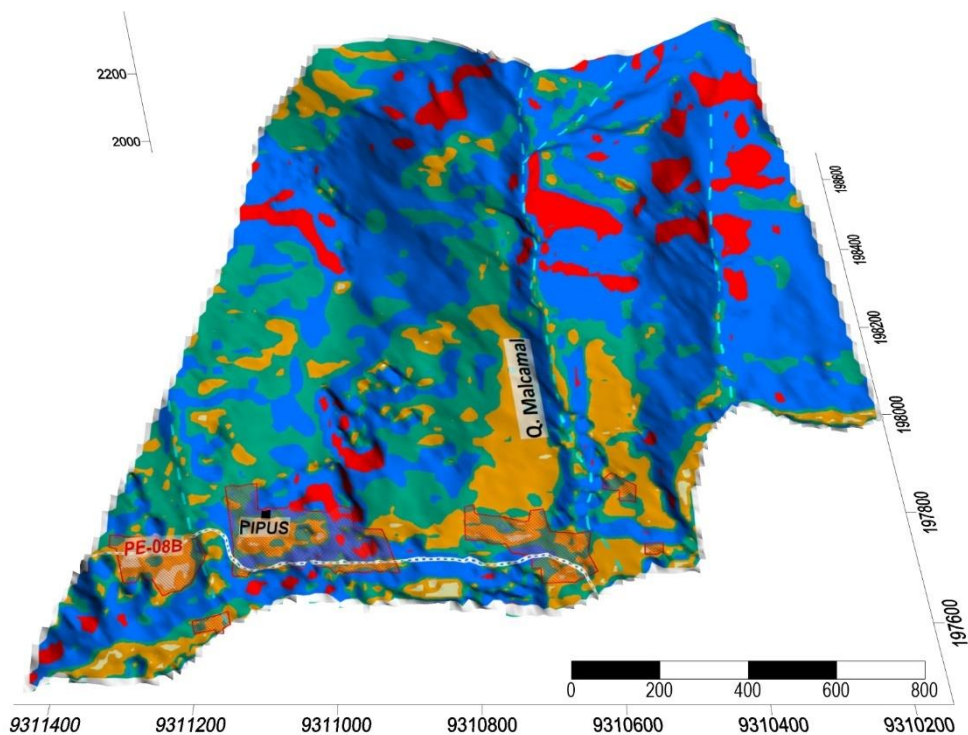


Figura 10. Vista 3D de las pendientes del terreno a la margen este del río Olia (quebrada Malcamal), generadas a partir del MDE obtenido de un levantamiento fotogramétrico.

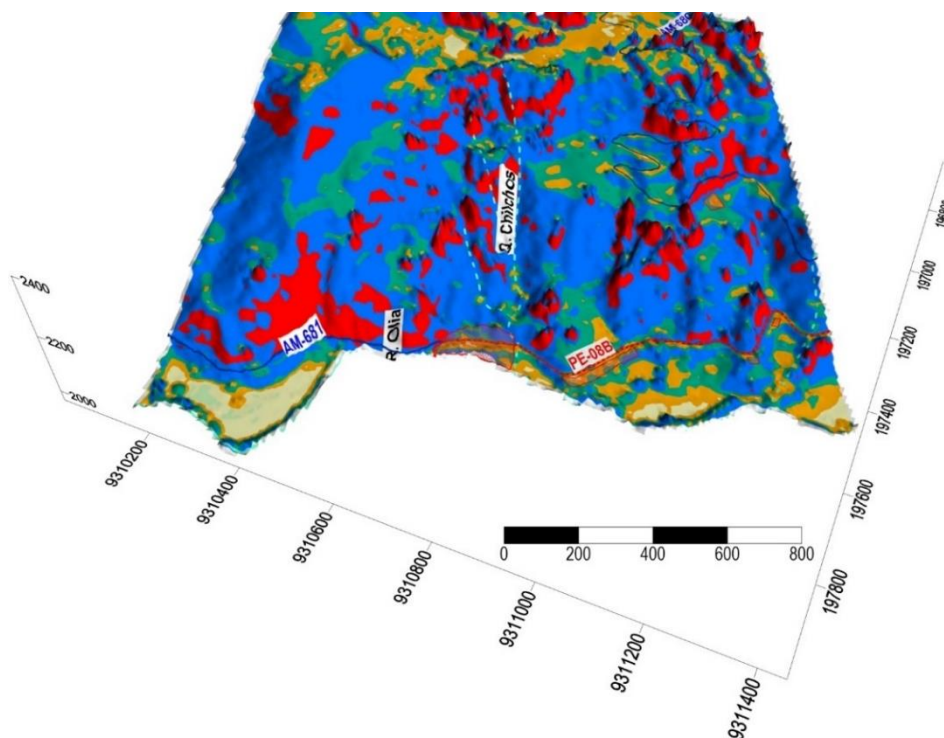


Figura 11. Vista 3D de las pendientes del terreno a la margen oeste del río Olia (quebrada Chilchos), generadas a partir del MDE obtenido de un levantamiento fotogramétrico.

4.3. Unidades Geomorfológicas

La zona de estudio comprende un paisaje de montañas y montañas estructurales en rocas sedimentarias cortadas por valles fluviales con terrazas aluviales y fluviales; encontrándose en las laderas de las montañas varias vertientes o piedemontes con depósito de deslizamientos y en las zonas de quebradas piedemontes proluviales o vertientes aluvio-torrenciales (Mapa 3).

El sector, que comprende a la quebrada Malcamal (Figura 12), está conformada, en la parte alta, por una montaña estructural con notable relieve escarpado que sobresale en el paisaje, con terrenos de pendiente escarpada (de 25° a 45°) a muy escarpada (>45°) encontrándose en esta zona varias vertientes con depósito de deslizamientos.

Disminuyendo en altitud el paisaje cambia a montaña en rocas sedimentarias, con relieve más ondulado y sin afloramientos rocosos distinguibles, por la menor resistencia geológica de los macizos rocosos del basamento, los terrenos tienen una pendiente predominante fuerte (de 15° a 25°).

En el valle se distinguen las terrazas fluviales y aluviales en los terrenos de pendiente suave (de 1° a 5°) o llana (<5°) en las zonas próximas o distantes del río Olia, respectivamente. El cauce de la quebrada Malcamal conforma un piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial que corta a las geoformas de montañas y desemboca en el sector de terrazas, pasando por terrenos de pendiente escarpada a llana.



Figura 12. Vista de las unidades geomorfológicas del margen este del río Olia (Quebrada Malcamal): montaña estructural rocas sedimentarias (ME-rs), montaña en rocas sedimentarias (M-rs), vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial (P-pral), terraza aluvial (T-al) y terraza fluvial (T-fl).

Para el sector oeste, que comprende a la quebrada Chilchos (Figura 13) inicia, en su parte alta, con un paisaje de montaña en rocas sedimentarias, con relieve ondulado y sin afloramientos rocosos distinguibles, pero si con terrenos de pendiente muy escarpada ($>45^\circ$) y escarpada (de 25° a 45°), siendo en los primeros donde se han generado las vertientes con depósitos de deslizamientos.

En el valle se distinguen las terrazas fluviales y aluviales en los terrenos de pendiente suave (de 1° a 5°) o llana ($<5^\circ$) en las zonas próximas o distantes del río Olia, respectivamente.

El cauce de la quebrada Chilchos conforma un piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial que corta a la geoforma de montaña en rocas sedimentarias y desemboca en el sector de terrazas.

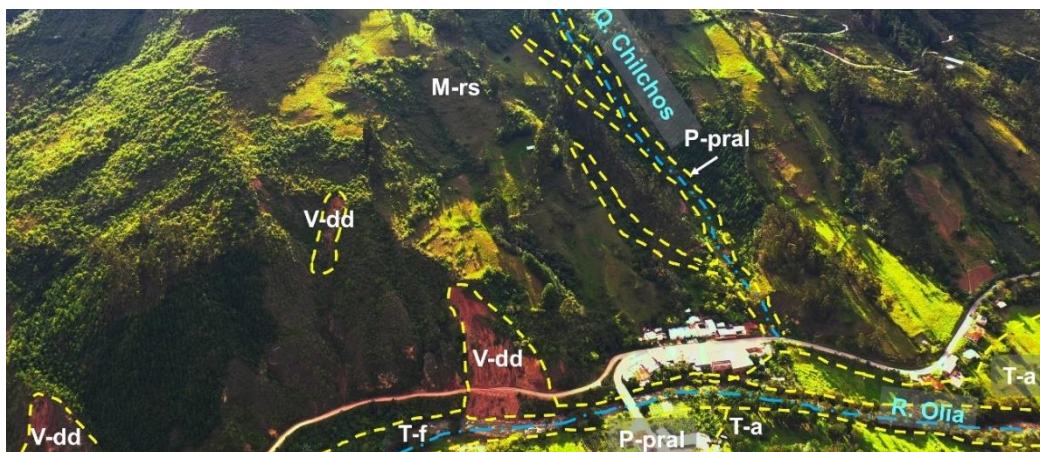


Figura 13. Vista de las unidades geomorfológicas del margen oeste del río Olia (Quebrada Chilchos): Montaña en rocas sedimentarias (M-rs), Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial (P-pral), terraza aluvial (T-a) y terraza fluvial (T-f).

- **Montaña en rocas sedimentarias (M-rs)**

Corresponde a los terrenos de suave relieve, sin afloramientos rocosos visibles debidos a la menor resistencia geológica de las rocas suprayacentes, en este caso de la Formación Sarayaquillo.

Las laderas tienen pendientes de fuertes (15°-25°) a escarpadas (25°-45°), la cima de la montaña es suaves.

- **Montaña estructural en rocas sedimentarias (ME-rs)**

Estos terrenos conforman relieves abruptos con constantes afloramientos rocosos y escasa cobertura vegetal, debido a la mayor resistencia de las unidades geológicas locales, que, en la localidad estudiada, corresponde al basamento conformado por el Grupo Goyllarisquizga.

Las laderas tienen pendientes de fuertes (15°-25°) a muy escarpadas (>45°), la cima de la montaña es abrupta.

- **Vertiente o piedemonte con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Corresponde a las zonas de acumulaciones en ladera originadas por procesos de movimientos en masa activos e inactivos de la localidad de Pipus, donde se han depositado suelos con poco recorrido, por lo tanto, angulosos y de estructura caótica, los mismos que suele ser movilizados a modo de flujo de detritos o hiper concentrados durante las temporadas de intensas precipitaciones pluviales.

Los suelos son del tipo arenoso pobremente gradado (SP); compuestos por cantos (3%), gravas (5%), gránulos (7%), arenas (75%) y limos (10%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos (Cuadro 7).

- **Piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial (P-pral)**

En la zona estudiada, corresponden a los cauces de las quebradas Malcamal y Chilchos, donde en épocas de grandes avenidas de detritos, producto de lluvias de intensidad fuerte a extrema, se acumulan suelos de diferente granulometría y grado de redondez; estando, actualmente, inconsolidados en las partes altas y con mayor grado de consolidación en las partes bajas, debido a la canalización del cauce de las quebradas. El terreno ganado debido a la canalización ha sido utilizado para la edificación de viviendas y demás infraestructuras de la localidad de Pipus.

Los suelos son del tipo limosos de baja plasticidad (ML); compuestos por bloques (3%), cantos (7%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (20%), limos (40%) y arcillas (10%); teniendo sus clastos gruesos forma Laminar y sub redondeados (Cuadro 5).

- **Terraza aluvial (T-al)**

Son porciones de terreno llano a ligeramente inclinado, con altura relativamente marcada. Se encuentran encima del cauce del río Olia. Su composición litológica es resultado de la acumulación de fragmentos de roca de diferente granulometría (bloques, gravas con matriz de arenas y limos) de sub angulosos a sub redondeados. Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo. Está sujeta a erosión fluvial.

- **Terraza fluvial (T-fl)**

Son depósitos dejados por las corrientes actuales de los ríos cuando disminuye la pendiente y la capacidad de carga de sedimentos. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos, gravas, arenas, etc.) que son transportados por la corriente del río Olia a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformado la llanura de inundación o el lecho de los ríos.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Se han cartografiado dos flujos de detritos activos a lo largo de los cauces de las quebradas Malcamal y Chilchos, además de un deslizamiento activo que está afectando el primer tramo de la vía Pipus – Cheto (AM-681) que aún no cuentan con medidas de control de riesgos adecuados y definitivas; así mismo, se identificó procesos de erosión de laderas debido a la denudación de la cobertura vegetal nativa con fines de actividad agrícola.

5.1. Flujo de detritos en la quebrada Malcamal

El cauce de la quebrada Malcamal ha sido lugar de constantes eventos de flujos de detritos, los mismos que han ido acumulándose en su desembocadura con el río Olia, generando un terreno el cual, debido al encausamiento de la quebrada, ha sido ganado para actividades agrícolas y de construcción de viviendas; en la Figura 14 se aprecia la geometría de este movimiento en masa, el cual se activa en épocas de intensas precipitaciones pluviales.

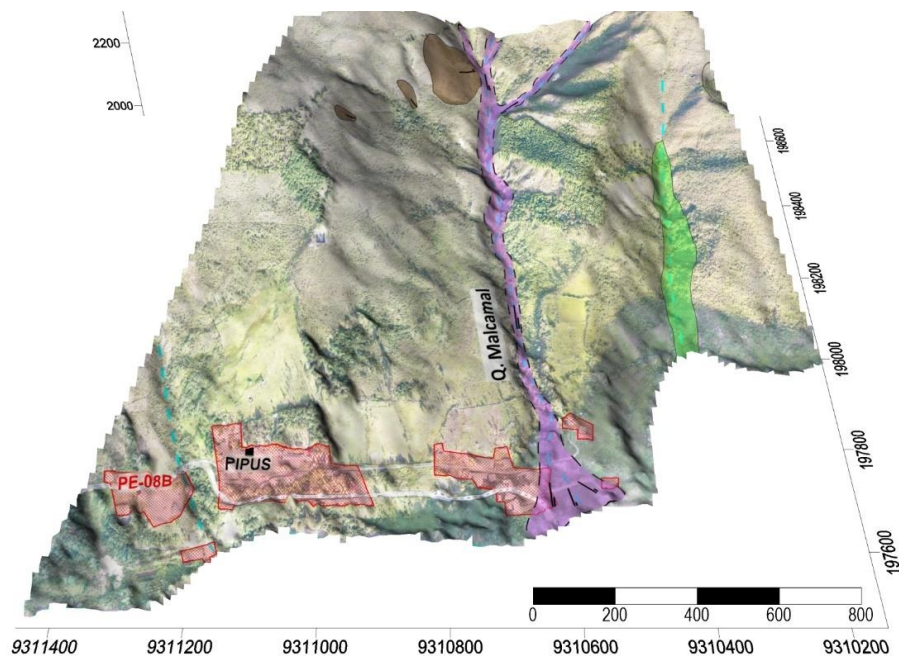


Figura 14. Modelo 3D del sector este del río Olia donde se aprecian los peligros geológicos: flujo de detritos en la quebrada Malcamal (en morado), deslizamientos activos en la parte alta (en marrón) y erosión en cárcavas (en verde).

5.1.1. Descripción del evento

El cauce de la quebrada Malcamal recibió aportes de los diferentes deslizamientos de la parte alta de la montaña, que en tiempos de lluvias pasados, que a través del tiempo generó flujo de detritos, que al desembocar al río Olia formó un abanico proluvio-aluvial de 174m de ancho, sobre esta unidad se asientan viviendas, medios de vida (terrenos de cultivo) y la vía nacional PE-08B (Figura 15); actualmente un tramo del río Olia en su desembocadura se encuentra colmatado, este se condiciona por la ausente canalización definitiva del cauce de la quebrada y ausencia de descolmatación periódica (Figura 16)



Figura 15. Vista desde un dron del abanico proluvial del flujo de detritos de la quebrada Malcamal, sobre la que se han edificado viviendas, establecidos terrenos agrícolas y vías de comunicación.



Figura 16. Vista actual del cauce de la quebrada Malcamal sin canalización adecuada. **Fuente:** Municipalidad Provincial de Chachapoyas.

5.1.2. Características visuales

Características:

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos canalizado (huaico)
- Estado: Activo
- Estilo: Único
- Velocidad: Muy rápido (de 1 a 2 m/s, según pobladores)
- Composición: Suelos limosos de baja plasticidad (ML); compuestos por bloques (3%), cantos (7%), gravas (10%), gránulos (10%), arenas (20%), limos (40%) y arcillas (10%); teniendo sus clastos gruesos forma Laminar y sub redondeados (Cuadro 5).
- Deformación del terreno: Ondulado

Morfometría:

- Área: 42 315 m²
- Perímetro: 3 080 m
- Diferencia de alturas del inicio al final del evento: 260 m
- Longitud horizontal del inicio al final del evento: 1040 m
- Ángulo del inicio al final del evento: 14°
- Dirección del movimiento: N261°
- Ancho del abanico: 174m

En el Cuadro 5 se describen los materiales geológicos que se encuentran en el flujo de detritos de la quebrada Malcamal.

Cuadro 5. Descripción de formaciones superficiales – Flujo de detritos en la quebrada Malcamal. **Fuente:** análisis descriptivo en campo.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	3	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	7	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	10	Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	20	Arenas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	40	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	10	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLÓGIA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD						CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.								
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS GRUESOS			SUELOS FINOS					
Limos y Arcillas			Arena			Gravas								
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda		<input type="checkbox"/>	Suelta		<input type="checkbox"/>	Suelta		<input checked="" type="checkbox"/>	ML		<input type="checkbox"/>	MH	
<input type="checkbox"/>	Compacta		<input type="checkbox"/>	Densa		<input type="checkbox"/>	Med. consolidada		<input type="checkbox"/>	CL		<input type="checkbox"/>	CH	
<input type="checkbox"/>	Dura		<input type="checkbox"/>	Muy Densa		<input type="checkbox"/>	Consolidada		<input type="checkbox"/>	OL		<input type="checkbox"/>	OH	
						<input type="checkbox"/>	Muy consolidada		<input type="checkbox"/>	PT				

Factores condicionantes

- Litología incompetente, depósito proluvial, conformado por limos y arenas de baja plasticidad y cohesión, con algunos bloques angulosos y sub redondeados de areniscas de la Formación Sarayaquillo y Grupo Goyllarisquizga.
- Ladera con pendiente muy fuerte o escarpada (25° a 45°), en la parte alta, y pendiente suave en la parte baja (de 1° a 5°).
- Geoforma de piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial.
- Cauce sin canalización definitiva (Figura 16).

Factor detonante

- Presencia de lluvias intensas estacionales, con umbrales promedios de precipitación máximos de 49.49mm/día, registrados en el período 1981-2016.

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- Colmatación y erosión fluvial en la quebrada Malcamal.
- Colmatación del río Olla.
- Peligro de inundación fluvial por desborde de la quebrada Malcamal.

5.2. Flujo de detritos en la quebrada Chilchos

El cauce de la quebrada Chilchos, arrastra detritos producto de la erosión de los suelos de la montaña, tipo deslizamientos, los cuales colmatan a los drenajes creados por la población en la parte urbana.

En la Figura 17 se aprecia la geometría de este movimiento en masa, el cual se activa en épocas de intensas precipitaciones pluviales.

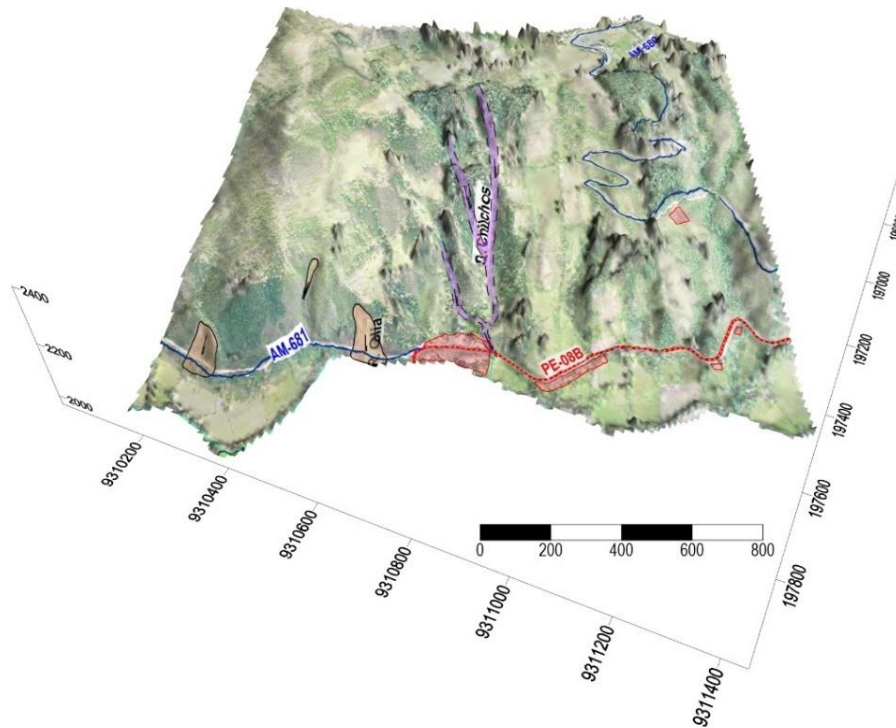


Figura 17. Modelo 3D del sector oeste del río Olita donde se aprecian los peligros geológicos: flujo de detritos en la quebrada Chilchos (en morado) y deslizamientos activos en la parte baja (en marrón).

5.2.1. Descripción del evento

El flujo de detritos de la quebrada Chilchos recorre terrenos con pendiente muy fuerte (de 25° a 45°) y recibe aportes de drenajes secundarios tal como se aprecia en la Figura 18. Existen medidas de reducción del riesgo, sin embargo, no son suficientes para contener avenidas mayores de flujos durante lluvias de intensidad extrema; por lo que se tiene el peligro constante de inundación a las viviendas y la interrupción del tránsito de la vía nacional PE-08B (Figura 19).



Figura 18. Vista del flujo de detritos de la quebrada Chilchos y su desembocadura en el río Olia.



Figura 19. Activación del flujo de detritos de la quebrada Chilchos en abril del 2019. **Fuente:** Municipalidad Provincial de Chachapoyas.

5.2.2. Características del peligro

Características:

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos canalizado (huaico)
- Estado: Activo
- Estilo: Único
- Distribución: Avanzando
- Velocidad: Muy rápido (de 1 a 2 m/s, según pobladores)
- Composición: Suelos limosos de baja plasticidad (CL); compuestos por bloques (3%), cantos (2%), gravas (5%), gránulos (5%), arenas (35%), limos (40%) y arcillas (10%); teniendo sus clastos gruesos forma laminar y sub redondeados (Cuadro 6).
- Deformación del terreno: Ondulado

Morfometría:

- Área: 16 354 m²
- Perímetro: 2 131 m
- Diferencia de alturas del inicio al final del evento: 305 m
- Longitud horizontal del inicio al final del evento: 590 m
- Ángulo del inicio al final del evento: 27°
- Dirección del movimiento: N65°
- Ancho de la zona de influencia: 15 m

En el Cuadro 6 se describen los materiales geológicos que se encuentran en el flujo de detritos de la quebrada Chilchos.

Cuadro 6. Descripción de formaciones superficiales – Flujo de detritos en la quebrada Chilchos. **Fuente:** análisis descriptivo en campo.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	3 Bolos	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	2 Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	5 Gravas	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	5 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	<input type="checkbox"/>	35 Arenas		
<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	<input type="checkbox"/>	40 Limos		
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	<input type="checkbox"/>	10 Arcillas		

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Estratificada	<input checked="" type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.			
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS	
Limos y Arcillas		Arena		Gravas			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	ML
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	CL
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	OL
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada	<input type="checkbox"/>	PT
						<input type="checkbox"/>	MH
						<input type="checkbox"/>	CH
						<input type="checkbox"/>	OH

Factores condicionantes

- Litología incompetente, conformada por depósitos proluviales, constituidos por limos y arenas de baja plasticidad y cohesión, con algunos bloques sub redondeados de areniscas de la Formación Sarayaquillo.
- Presencia de ladera y montañas sedimentarias, con pendiente muy escarpada (>45°), en la parte alta, y pendiente suave en la parte baja (de 1° a 5°).
- Piedemontes proluviales; todas ellas inconsolidadas, muy susceptibles a removerse fácilmente.
- Ausente y deficiente presencia de medidas estructurales de reducción del riesgo definitivas a lo largo de la quebrada Chilchos, donde además ya existe un canal que no contiene las aguas pluviales y terminan por desbordarse durante la época de lluvias intensas (Figura 20).



Figura 20. Vista actual a la canalización de la quebrada Chilchos. **Fuente:** Municipalidad Provincial de Chachapoyas.

Factor detonante

- Presencia de lluvias intensas estacionales, con umbrales promedios de precipitación máximos de 49.49mm/día, registrados en el período 1981-2016.

Daños ocasionados y probables

- Colmatación del río Olía y erosión lateral del cauce de la quebrada Chilchos.
- Colmatación del río Olía.
- Peligro de inundación fluvial por desborde de la quebrada Chilchos de 17 viviendas y de 100 m de la vía nacional PE-08B.

5.3. Deslizamiento sobre el primer tramo de la Vía Pipus – Cheto (AM-681)

Corresponde a un deslizamiento rotacional originado sobre el talud superior de la vía AM-681 (Figura 21), producto de las lluvias intensas ocurridas en marzo del 2021; el cual que ha provocado la interrupción del tránsito y conexión temporal, hacia varios centros poblados de los distritos de Soloco y Cheto; indirectamente provocó la colmatación del río Olía (Figura 22).



Figura 21. Vista del deslizamiento sobre la vía AM-681, en la localidad de Pipus. **Ubicación:** Este: 197625; Norte: 9310517; Altitud: 2018.

5.3.1. Descripción del evento

Este deslizamiento se ha originado sobre depósitos sueltos (regolito) ubicados en la ladera de montaña muy escarpada ($>45^\circ$). Al momento de la evaluación de campo, se mantiene activo, sin presencia aún de medidas estructurales de contención.



Figura 22. Vista del deslizamiento en el primer tramo de la vía Pipus – Cheto. **Fuente:** Municipalidad provincial de Chachapoyas

5.3.2. Caracterización de los peligros

Características:

- Tipo de movimiento: deslizamiento rotacional
- Estado: Activo
- Estilo: Único
- Distribución: Retrogresivo
- Velocidad: Moderado (pocos metros al mes, según descripción de los pobladores).
- Composición: Suelo arenosos pobremente gradado (SP); compuestos por cantos (3%), gravas (5%), gránulos (7%), arenas (75%) y limos (10%); teniendo sus clastos gruesos forma discoidal y sub angulosos (Cuadro 7).
- Deformación del terreno: Escalonado

Morfometría:

- Área: 4 627 m²
- Perímetro: 304 m
- Diferencia de alturas corona a la punta: 98 m
- Longitud horizontal corona a punta: 101 m
- Ángulo de corona a punta: 44°
- Dirección del movimiento: N65°
- Ancho de la superficie de falla: 41 m

En el Cuadro 7 se describen los materiales geológicos que se encuentran deslizando en este sector.

Cuadro 7. Descripción de formaciones superficiales – Deslizamiento principal del cerro Chicche. **Fuente:** análisis descriptivo en campo.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL				GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado
X	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	3	Cantos	X	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
X	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	5	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	7	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	X	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	75	Arenas				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	10	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar		Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLÓGIA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	X	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	X	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	X	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
X	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							X	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.					
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS			
Limos y Arcillas		Arenas		Gravas					
<input type="checkbox"/>	Blanda	X	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	OH
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada	<input type="checkbox"/>	PT		

Factores condicionantes

- Litología de depósito coluvio-deluvial conformada por suelos areno-limosos pobremente graduada, de baja cohesión y con una capa superficial de material orgánica.
- Ladera con pendiente muy escarpada mayor a 45°, sobre una vertiente coluvio-deluvial.
- Vertiente coluvio-deluvial.

Factor detonante

- Presencia de lluvias intensas estacionales, con umbrales promedios de precipitación máximos de 49.49mm/día, registrados en el período 1981-2016.

Daños ocasionados

- Afectación de 80m la calzada de la vía AM-681, que conecta a centros poblados de los distritos de Soloco y Cheto.

6. CONCLUSIONES

- a. Las quebradas Malcamal, Chilchos y primer tramo de la Vía Pipus – Cheto (AM-681), presentan una geodinámica muy activa, con la recurrencia de eventos de flujos de detritos y deslizamientos, que afectan viviendas, medios de vida y vías de comunicación, como los últimamente ocurridos en el 2021, acrecentados durante la temporada de intensas precipitaciones pluviales. Dichos eventos corresponden a dos flujos de detritos activos en las quebradas Malcamal y Chilchos, y un deslizamiento reciente sobre la vía Pipus - Cheto (AM-681).
- b. Los alrededores de las quebradas de Malcamal y Chilchos están conformados por suelos limosos y arenosos de baja plasticidad y compactación, pertenecientes a depósitos de origen aluvial, fluvial, proluvial y coluvio-deluvial; siendo el basamento rocoso rocas sedimentarias clásticas medianamente a muy fracturadas y moderadamente a altamente meteorizadas de la Formación Sarayaquillo y del Grupo Goyllarisquizga.
- c. Los factores condicionantes son:
 - Flujos de detritos en las quebradas Malcamal y Chilchos
 - Litología incompetente, depósito proluvial, conformado por limos y arenas de baja plasticidad y cohesión, con algunos bloques angulosos y sub redondeados de areniscas de la Formación Sarayaquillo y Grupo Goyllarisquizga.
 - Ladera con pendiente muy escarpada (>45°) y muy fuerte o escarpada (25° a 45°) en la parte alta, y pendiente suave en la parte baja (de 1° a 5°).
 - Geoforma de piedemonte proluvial o vertiente aluvio-torrencial.
 - Ausencia de medidas estructurales de reducción del riesgo definitivas a lo largo de las quebradas Malcamal y Chilchos.
 - Deslizamiento sobre el primer tramo de la vía Pipus - Cheto (AM-681)
 - Litología de depósito coluvio-deluvial conformada por suelos arenosos pobremente graduada, de baja cohesión y con una capa superficial de material orgánica.
 - Ladera con pendiente muy escarpada mayor a 45°.
 - Geoforma de vertiente coluvio-deluvial.
 - Ausencia de medidas de control de riesgos (drenajes de coronación).

El factor detonante han sido las lluvias intensas estacionales, con umbrales promedios de precipitación máximos de 49.49mm/día, registrados en el período 1981-2016.

- d. Las quebradas Malcamal, Chilchos y el primer tramo de la vía Pipus - Cheto (AM-681), por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Muy Alto y Zonas Críticas**.

7. RECOMENDACIONES

A) Quebrada Malcamal

- a. Canalizar y encauzar la quebrada de forma ascendente, desde la desembocadura con el río Olia hasta un mínimo de 150m aguas arriba.
- b. Las autoridades y comunidad en general deben participar en actividades de descolmatación periódicas en el cauce de la quebrada.
- c. Reforestar las partes altas de la quebrada, con árboles y arbustos de especies nativas.

B) Quebrada Chilchos

- a. De manera urgente, reconstruir del canal de concreto de la quebrada y ampliación de la sección del mismo; además de la construcción adicional de un mínimo de 62m del canal.
- b. Las autoridades y comunidad en general deben participar en actividades de descolmatación periódicas en el cauce de la quebrada.
- c. Reforestar las partes altas de la quebrada, con árboles y arbustos de especies nativas.

C) Primer tramo de la vía Pipus – Cheto (AM-681)

- a. Construir un canal de coronación, sobre el deslizamiento, con una longitud no menor a 200m, que desviaré las escorrentías superficiales hasta el sistema de canalización existente.
- b. Construir un sistema de zanjas de drenaje colectores con una sección mínima de 0.3m x 0.5m que acumularán las escorrentías hacia el canal de coronación principal.
- c. Construir un muro de contención de una longitud no menor de 100m en la base del deslizamiento, para proteger a la vía Pipus – Cheto del material suelto en constante movimiento.
- d. Reforestar las partes altas del deslizamiento, con árboles y arbustos de raíces densas y prohibir la deforestación en las laderas de montaña sobre la vía.

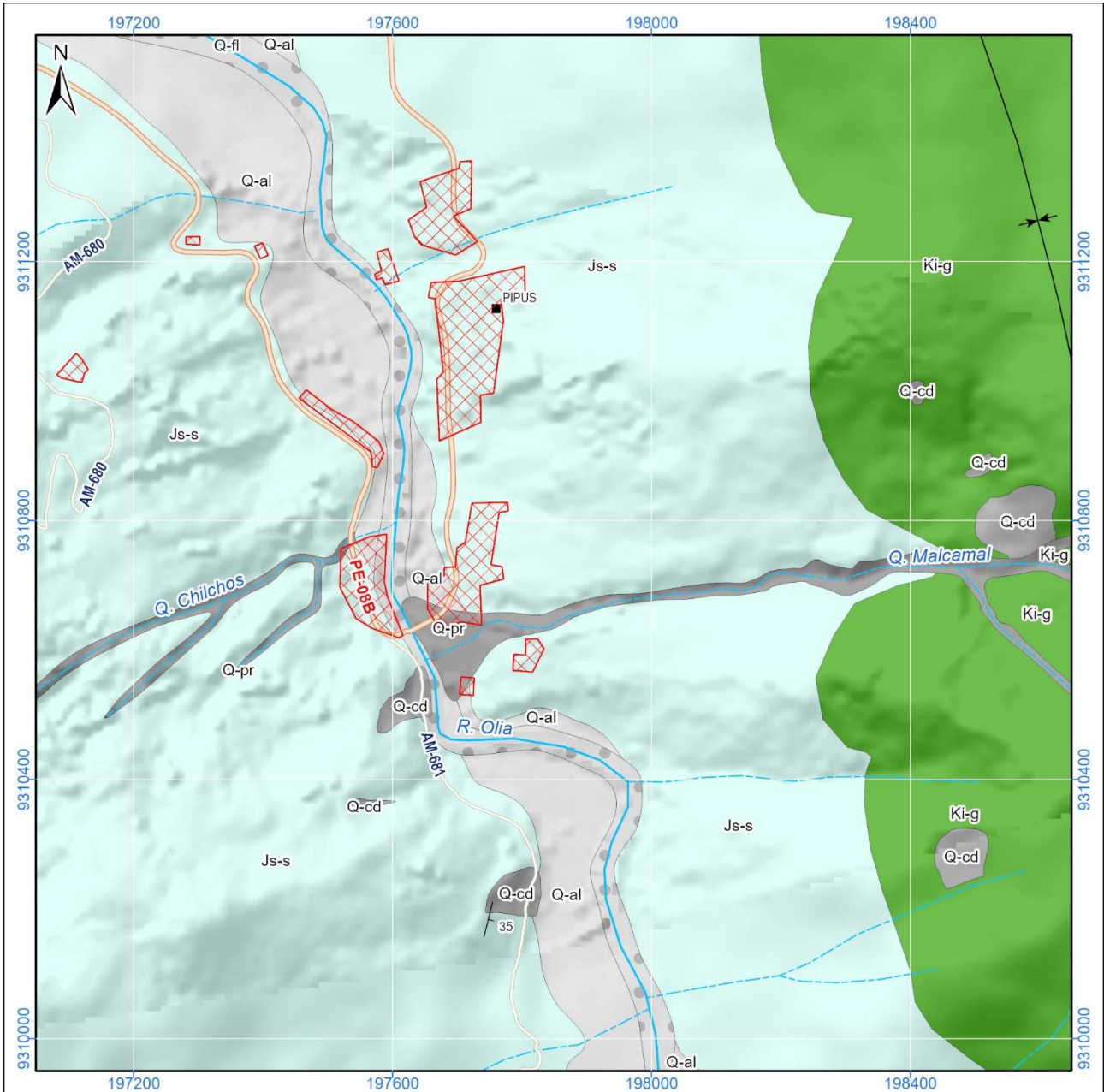

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

- AlosPalsar. (2011). *Modelo Digital de Elevaciones Alos Palsar 27001*. 1. <https://search.asf.alaska.edu/>
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides Investigation and Mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report, 247*, 36–75.
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. In *Practical Rock Engineering* (2nd ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2019). *Censos Nacionales 2017*. Sistema de Consulta de Base de Datos REDATAM.
- Medina Allca, L., Vilchez Mata, M., & Dueñas Bravo, S. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas. INGEMMET Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.
- NASA. (2020). *Modelo digital de Elevaciones SRTM v3*. NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Version 3.0 Global 1 Arc Second. <https://earthdata.nasa.gov/learn/articles/nasa-shuttle-radar-topography-mission-srtm-version-3-0-global-1-arc-second-data-released-over-asia-and-australia>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1st ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Rodríguez Mejía, R., Giraldo Saldivar, E., Cueva Tintaya, E., & Sánchez Chimpay, E. (2012). *Geología del Cuadrángulo de Chachapoyas. Ingemmet Hojas 13-h - Boletín N° 147 Serie A*.
- Sánchez Fernández, A. (1995). *Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1st ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1st ed.). Erosion.com.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. In *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), *Transportation and Road Research Board*, 9–33.

ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Red vial nacional
- Red vial vecinal
- Área urbana

Drenaje

- Quebrada
- Río

Dato estructural

- Rumbo y buzamiento de estrato

Plioguo

- Sinclinal

LEYENDA

Unidad litoestratigráfica

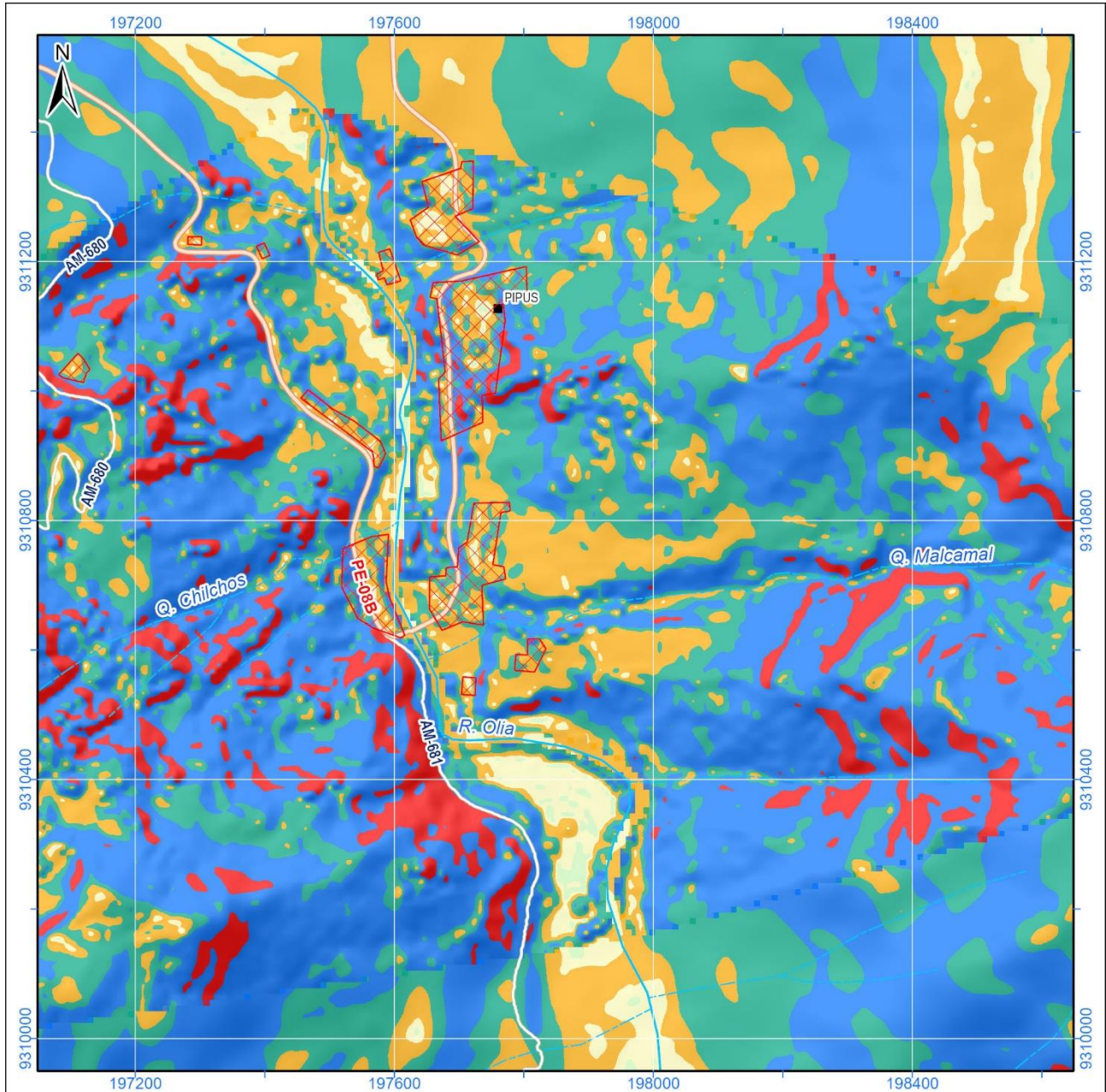
- Q-fl: Depósito fluvial
- Q-pr: Depósito proluvial
- Q-cd: Depósito coluvio deluvial
- Q-al: Depósito aluvial
- Ki-g: Grupo Goyllarisquizga
- Js-s: Formación Sarayaquillo



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 AMAZONAS - CHACHAPOYAS - SAN FRANCISCO DE DAGUAS

MAPA GEOLÓGICO

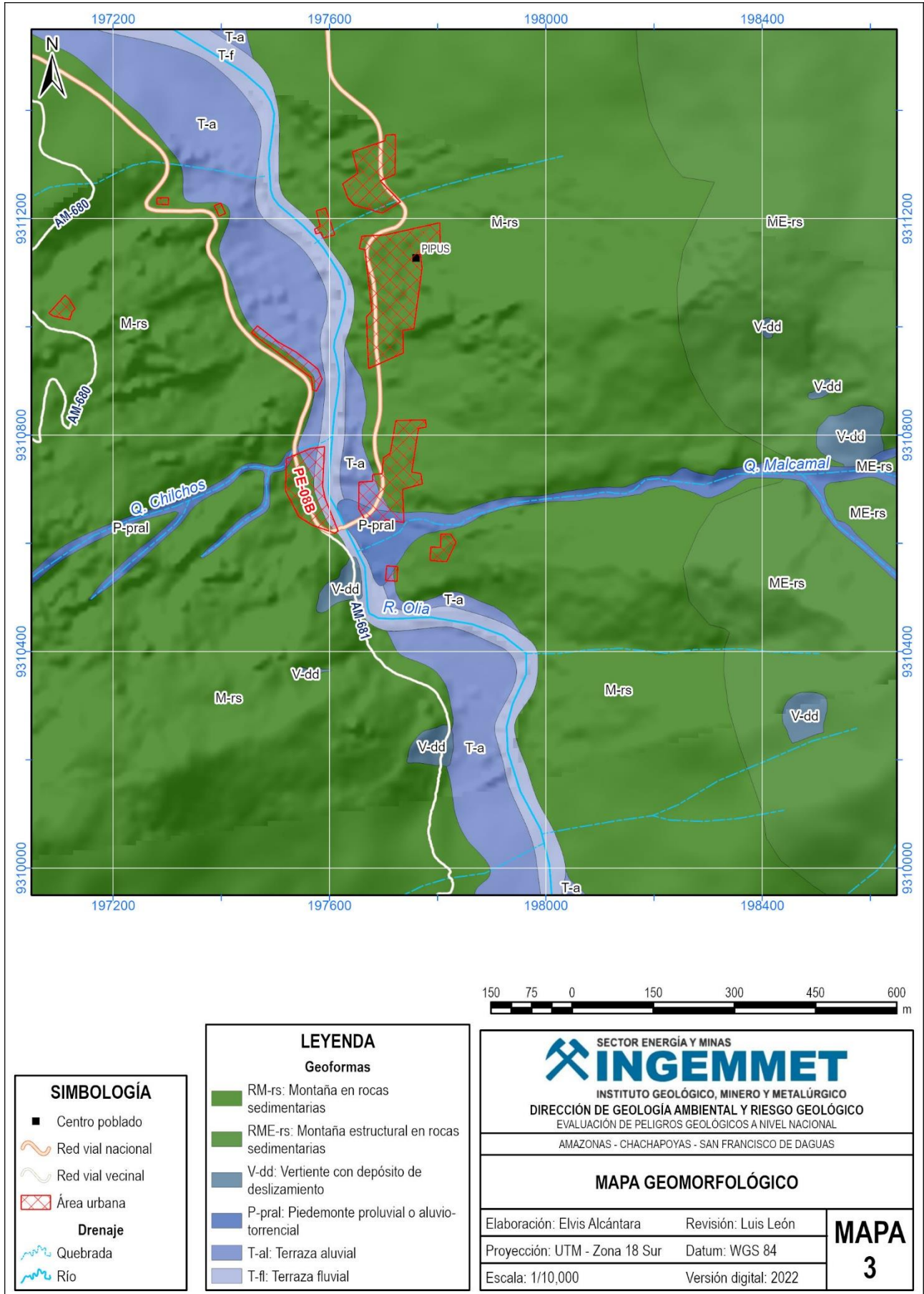
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 1
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022	

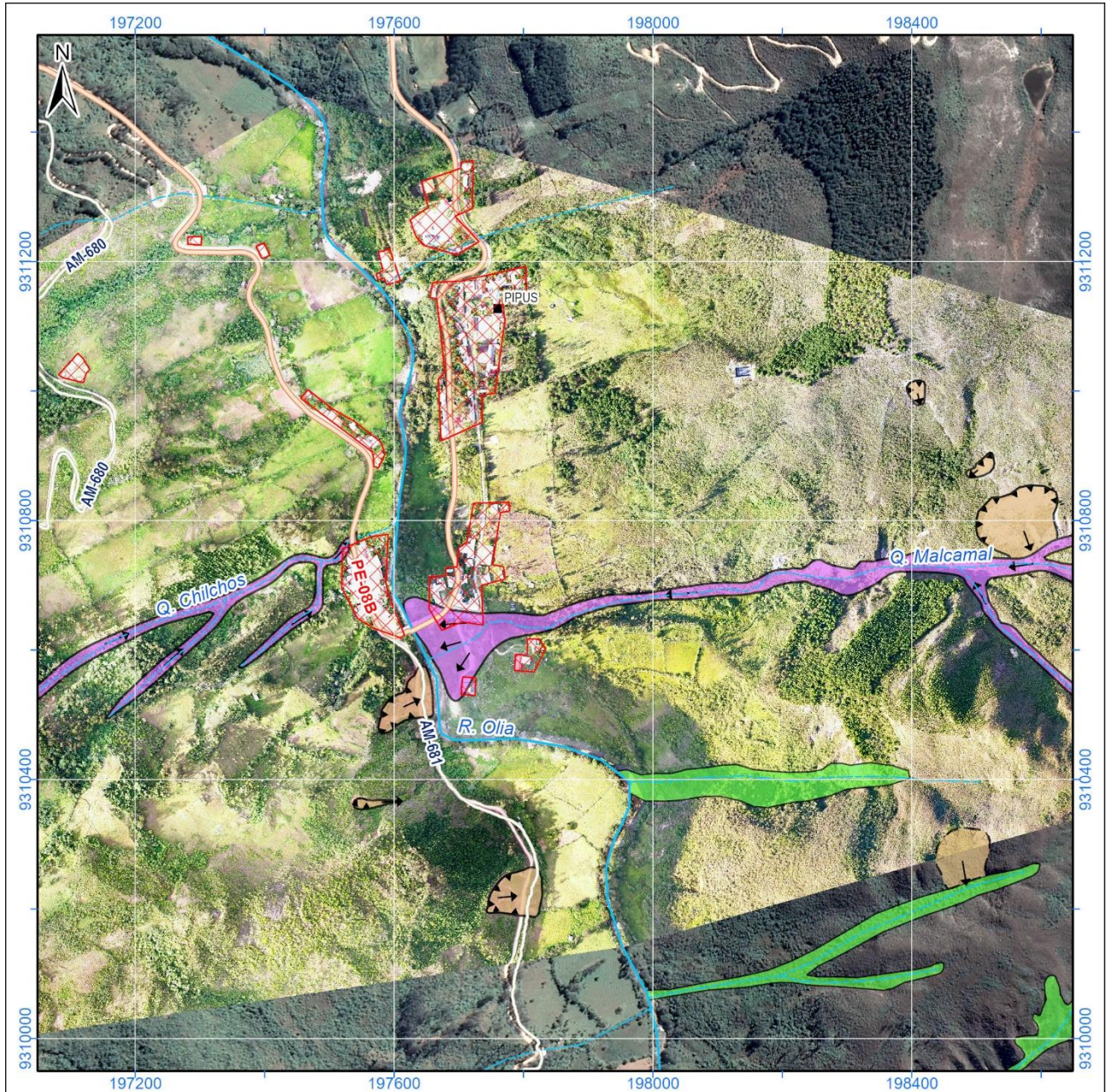


SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Red vial nacional
	Red vial vecinal
	Área urbana
Drenaje	
	Quebrada
	Río

LEYENDA	
Pendiente del terreno	
	<1°: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°: Terreno muy escarpado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL AMAZONAS - CHACHAPOYAS - SAN FRANCISCO DE DAGUAS	
MAPA DE PENDIENTES	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022
MAPA 2	





SIMBOLOGÍA

- Centro poblado
- Red vial nacional
- Red vial vecinal
- Área urbana

Drenaje

- Quebrada
- Río

Morfometría

- Dirección del movimiento
- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento antiguo

LEYENDA

Peligro cartografiado

- Deslizamiento activo
- Deslizamiento inactivo
- Erosión en cárcava
- Flujo de detritos activo



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 AMAZONAS - CHACHAPOYAS - SAN FRANCISCO DE DAGUAS

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 4
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/10,000	Versión digital: 2022	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para flujos de detritos

Se recomienda construir canales en los cauces de las quebradas Malcamal y Chilchos, en el sector urbano y sus sectores próximos, a fin de evitar los daños que puedan ocasionar flujos de detritos durante la temporada de las lluvias intensas (Figura 23).



Figura 23. Ejemplo de canalización en quebrada.

Para los deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizante en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 24). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

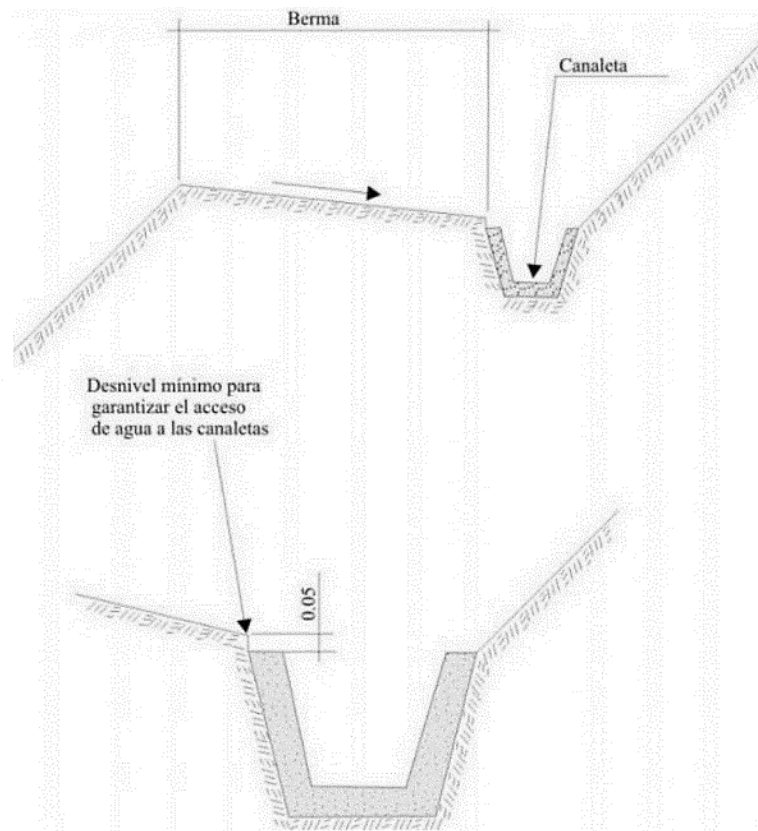


Figura 24. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). **Fuente:** Ingemmet (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda les aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo (Figura 25), facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

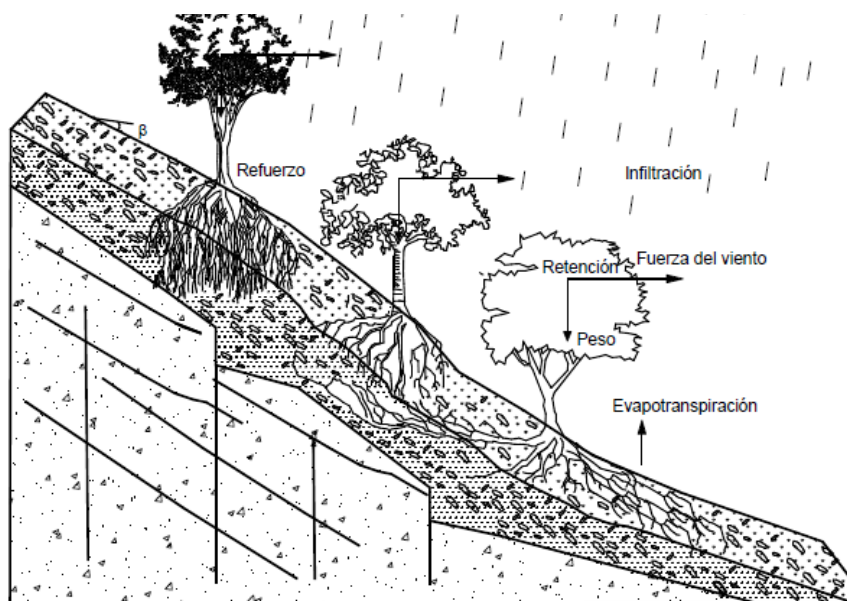


Figura 25. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.