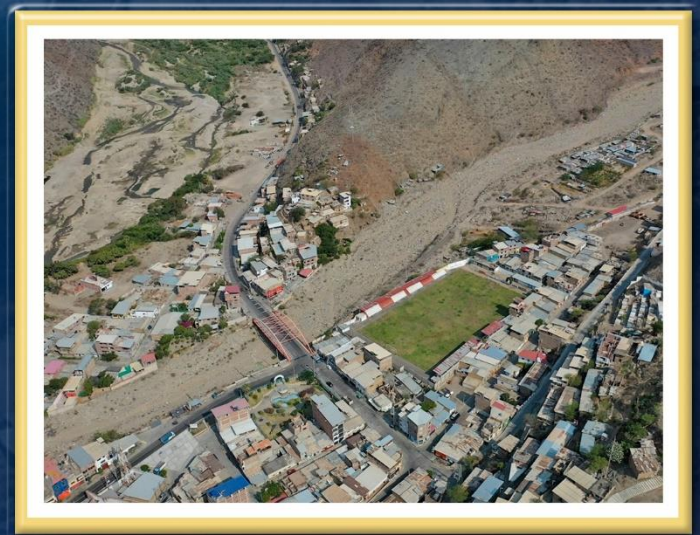


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7568

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA LOCALIDAD DE CHILETE

Departamento: Cajamarca
Provincia: Contumazá
Distrito: Chilate



DICIEMBRE
2024

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA LOCALIDAD DE CHILETE

***Distrito Chilete
Provincia Contumazá
Departamento Cajamarca***



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

Equipo Técnico:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). "Evaluación del peligro geológico por flujo de detritos en la localidad de Chilete, distrito Chilete, provincia Contumazá, departamento Cajamarca". INGEMMET, Informe Técnico N° A7568, 29p.

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. Accesibilidad	6
1.3.3. Población	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Etapa Volcánica Chilete - Evento 1 (Pe-chE1)	10
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
4.2. Pendiente del terreno.....	13
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	15
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional	15
4.3.2. Unidades de carácter depositacional y agradacional.....	15
4.3.3. Otras unidades.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Flujo de detritos en la quebrada Huertas	16
5.1.1. Evaluación De Peligros Por Flujos De Detritos	18
6. CONCLUSIONES	21
7. RECOMENDACIONES.....	22
7.1. Transversales a autoridades y población	22
7.2. Ante flujos de detritos	22
8. BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXO 1. MAPAS	25
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	29

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación del peligro geológico por flujo de detritos, realizado en la localidad de Chilete, jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Chilete, provincia Contumazá, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En el contexto geomorfológico, el área urbana de localidad de Chilete está asentada sobre piedemontes aluviales antropizados, de pendiente suave a moderada (1° a 15°). En los alrededores se ubican laderas de colinas en rocas volcano sedimentarias con pendiente escarpada a muy escarpada ($>25^{\circ}$). En las partes bajas se distinguen terrazas aluviales y planicies inundables de pendiente suave a llana ($<5^{\circ}$).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a flujos de lavas andesíticas de la Etapa Volcánica Chilete, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas; mientras que los movimientos en masa vienen produciendo depósitos coluvio deluviales y proluviales; además de depósitos aluviales y fluviales producto de la dinámica fluvial del río Magdalena y de la quebrada Huertas.

Los procesos identificados en la localidad de Chilete corresponden a movimientos en masa, tipo flujo de detritos, canalizados en la quebrada Huertas; de manera constante y que antiguamente (como en 1981) se han desbordado y afectado gran parte del sector urbano de Chilete. El área expuesta es de 4.1 ha y se presentan en peligro 50 viviendas y 100 m de la vía nacional PE-08.

Como factor detonante, se considera a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas que pueden superar los 80 mm/día (marzo del 2017), según los registros de la estación meteorológica Contumazá.

Además, como factores antrópicos que contribuyen al emplazamiento de estos peligros geológicos, se consideran la ocupación inadecuada de antiguos cauces de quebradas.

Se concluye que el área expuesta a flujos de detritos en Chilete, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera **Zona Crítica de Peligro Alto a Muy Alto**.

Finalmente, se brinda las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como reforestar la cuenca alta de la quebrada Huertas, canalización definitiva del cauce, construcción de defensas ribereñas y descolmatación constante del cauce de la quebrada Huertas.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, mediante la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y el “Servicio de asistencia en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye 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 Distrital de Chilete Oficio N° 14-SGGRDD/MDCH-2024JLAAC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en la localidad de Chilete, cuya ocurrencia es periódica y latente durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrido en marzo del 2023.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis León y Elvis Alcántara, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 24 de setiembre del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) Campo, donde a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada se analiza el origen de los peligros; iii) Gabinete, final donde se procesa y analiza de toda información adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Chilete, Municipalidad Provincial de Contumazá, Gobierno Regional de Cajamarca, e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico por flujo de detritos que se presentan en la localidad de Chilete, evento que puede comprometer la seguridad física de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación, en las zonas de influencia de los eventos.
- b) Emitir recomendaciones para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluye a la localidad de Chilete, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 31 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba” (Reyes, 1980) donde describen las unidades geológicas que afloran en la localidad de Chilete a una escala 1:100 000; corresponden a brechas piroclásticas andesíticas de la Formación Llama.
- Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011) donde se presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; la localidad de Chilete se ubican en terrenos con susceptibilidad media ante movimientos en masa.
- Dilas, E. (2022), en su Tesis de Pre Grado “Identificación de las áreas inundables por la quebrada Huertas, en la zona urbana de la localidad de Chilete, Cajamarca 2021” recopila información descriptiva y fotográfica de flujos de detritos en la quebrada Huertas; concluyendo que la ciudad de Chilete es muy vulnerable ante avenidas máximas en periodos de retorno a partir de 50 años en adelante, como en el 10 de enero de 1981 donde se afectó el 30% de la población urbana.
- Ficha técnica referencial de identificación de punto crítico en el sector de la localidad de Chilete, distrito de Chilete, provincia de Contumazá, departamento de Cajamarca. Ficha N°16434 (ANA, 2023); donde se establece a la quebrada Huertas como zona crítica, por lo que se recomienda la limpieza y descolmatación de 760 m de cauce, además de la construcción de un muro de contención de 659.1 m de largo.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la localidad de Chilete que pertenecen al distrito Chilete y provincia Contumazá, departamento Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además de las coordenadas centrales referenciales del evento principal identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	739140	9201410	-7.219571	-78.834352
2	739140	9200360	-7.229063	-78.834307
3	738175	9200360	-7.229104	-78.843042
4	738175	9201410	-7.219613	-78.843087
Coordenada central de los peligros identificados				
C	738783	9200995	-7.223335	-78.837566

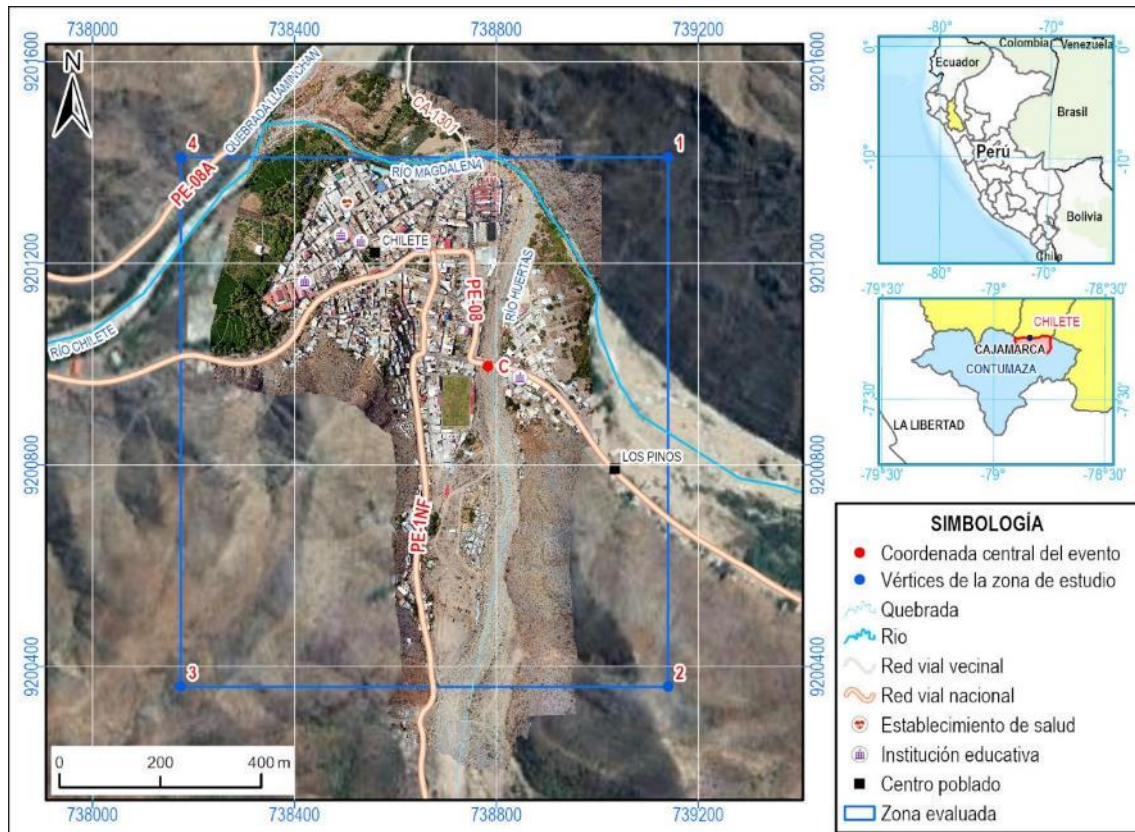


Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas (en línea azul) y de las coordenadas centrales del evento principal.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de Chilete se realiza a través de la vía nacional asfaltada PE-08; tal como se detalla en la siguiente ruta (tabla 2, figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Chilete	Asfaltada	86.4	1 horas 51 minutos

1.3.3. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Chilete, tiene una población de 2 023 habitantes, distribuidos en 871 viviendas con acceso a red pública de agua, energía eléctrica y desagüe.

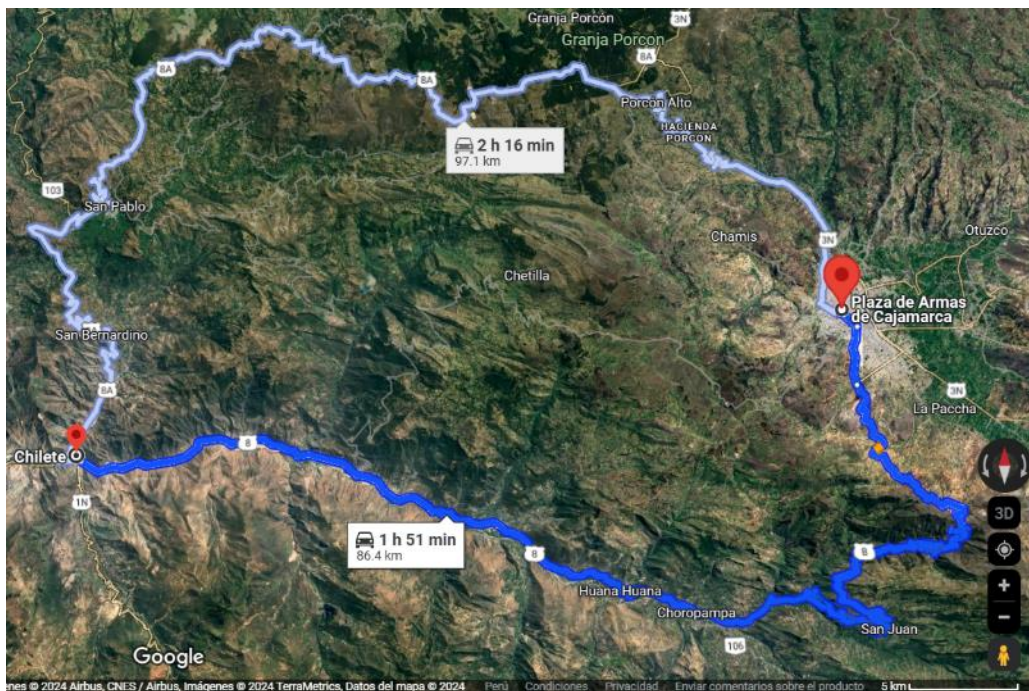


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta la localidad de Chilete. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, templado (E (d) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 31°C, una temperatura mínima promedio desde 21°C y una precipitación anual entre 500 mm a 700 mm.

Entre los años 2017-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado registró precipitaciones pluviales que superaron los 80 mm/día (figura 3), considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

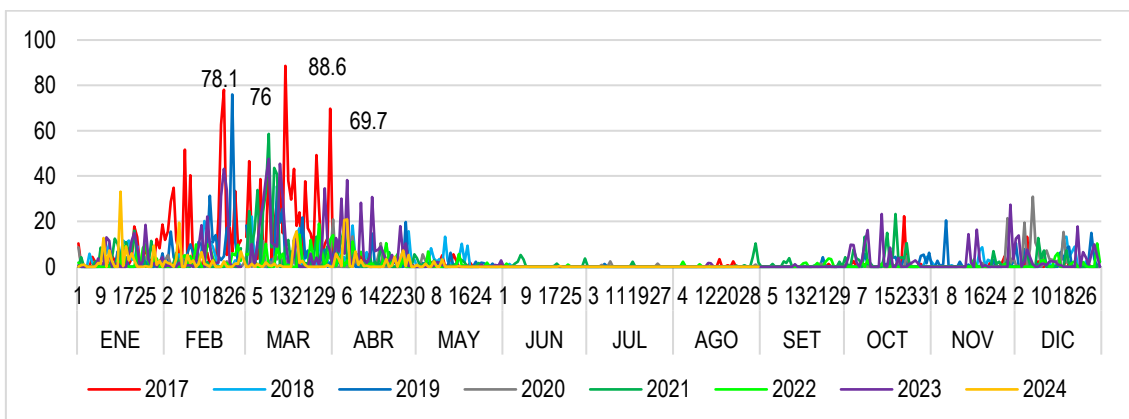


Figura 3. Precipitación diaria entre los años 2017-2024, en la Estación Contumazá. **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA:GCA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

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

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Arcilla: Suelo 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; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o depósito formado por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interstratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor 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.

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).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Inactivo latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Proluvial: Complejo sedimento deltaico friable de material fragmental, acumulado al pie de una pendiente como resultado de una ocasional avenida torrencial.

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.

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. 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

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Cajamarca a escala 1:100 000 (Reyes, 1980); además del reciente cartografiado geológico a escala 1:50 000 (Ingemmet, 2022), donde se describen principalmente rocas piroclásticas de composición andesítica. La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprenden unidades volcánico sedimentarias del Paleógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados.

3.1.1. Etapa Volcánica Chilete - Evento 1 (Pe-chE1)

Corresponde a una secuencia de depósitos de flujos de lavas andesíticas intercalada con depósitos volcanoclásticos, lahares y flujos de cenizas gris violáceas, que poseen un espesor aproximado de 800 m.

Esta unidad representa al macizo rocoso del substrato de la localidad de Chilete. Se identificaron afloramientos en las márgenes de la quebrada Huertas y en las partes altas de las colinas de la zona, donde se aprecian flujos de lavas andesíticas medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas (fotografía 1).

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es alta, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial de entre 50 a 100 MPa (tabla 3) en afloramientos rocosos frescos; además de un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 55 a 65 (figura 4).



Fotografía 1. Macizo rocoso medianamente fracturado y moderadamente meteorizado de la Etapa Volcánica Chilete.

Tabla 3. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial; de fuerte a muy fuerte para la Etapa Volcánica Chilete. **Fuente:** Hoek, 2007.

Grado	Término	Estimación en campo de la resistencia	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)
R6	Extremadamente fuerte	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	>250
R5	Muy fuerte	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100-250
R4	Fuerte	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50-100
R3	Medianamente fuerte	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25-50
R2	Débil	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5-25
R1	Muy débil	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1-5
R0	Extremadamente débil	Se raya con la uña	0.25-1

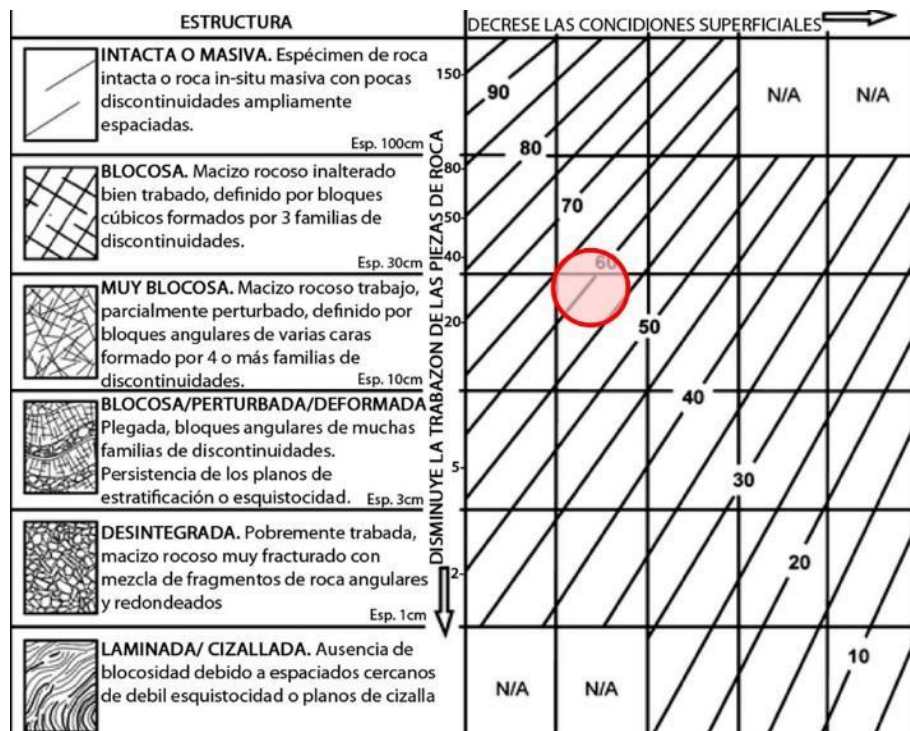


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades de los macizos rocosos de la Etapa Volcánica Chilete - Evento, GSI promedio de entre 55 a 65. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito aluvial (Q-al)

Son suelos de composición de arenas finas a gruesas, intercaladas con limos, conformando terrazas recientes; tienen espesores de entre 3 a 20 m. Estos suelos se ubican al este y oeste de la localidad de Chilete.

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Estos suelos se ubican en las faldas de las colinas de Chilete, donde se han producido movimientos en masa desencadenados por acción tanto gravitacional como por sobresaturación de suelos; así, su composición muestra suelos finos como bloques sub angulosos.

Depósito proluvial (Q-pr)

Son depósitos producidos por flujos de detritos en la quebrada Huertas. Su composición es principalmente de gravas medianamente graduadas, donde los bloques y cantos se presentan redondeadas en una matriz de arenas y gravas (fotografía 2 y tabla 4).

Depósito fluvial (Q-fl)

Esta unidad corresponde a suelos compuestos por grava, arenas y limos en el cauce de los ríos y quebradas. Afloran al norte de la localidad de Chilete, en el cauce y sus proximidades del río Magdalena.

Depósito antropogénico (Q-an)

Corresponde a sectores con amplias construcciones antropogénicas como vías, vías entre otras; donde los suelos son alóctonos y de diversa composición, utilizados para la cimentación de infraestructuras.



Fotografía 2. Depósito proluvial en la localidad de Chilete. **Ubicación: E: 738794, N: 9200913.**

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación: E: 738794, N: 9200913.**

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES			
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input type="checkbox"/>	35 Bolos	<input type="checkbox"/>	Esférica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	30 Cantos	<input checked="" type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	5 Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	5 Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	<input type="checkbox"/>	15 Arenas				
<input checked="" type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	<input type="checkbox"/>	7 Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	<input type="checkbox"/>	3 Arcillas				

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

SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.									
COMPACIDAD		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS							
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Arena	<input type="checkbox"/>	Gravas	<input checked="" type="checkbox"/>	GW	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Densa	<input checked="" type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	OH
		<input type="checkbox"/>	Muy Densa		Consolidada	<input type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	SC	<input type="checkbox"/>	PT		
					Muy consolidada								

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en setiembre del 2024 por el Ingemmet, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de identificar subunidades a detalle (escala 1/5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad de Chilite presenta elevaciones que van desde los 856 m hasta los 977 m, en los cuales se distinguen 6 niveles altitudinales (figura 5), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre 900 y 940 m s. n. m., con terrenos de pendiente promedio de escarpada a muy escarpada (>25°), correspondiente a colinas en rocas volcánicas sedimentarias.

4.2. Pendiente del terreno

Los sectores urbanos de Chilite se ubican en terrenos de suave a moderada pendiente (1° a 15°); pero también se distinguen laderas de colinas con pendientes escarpadas a muy escarpadas (>25°) en las partes altas (figura 6; mapa 2).

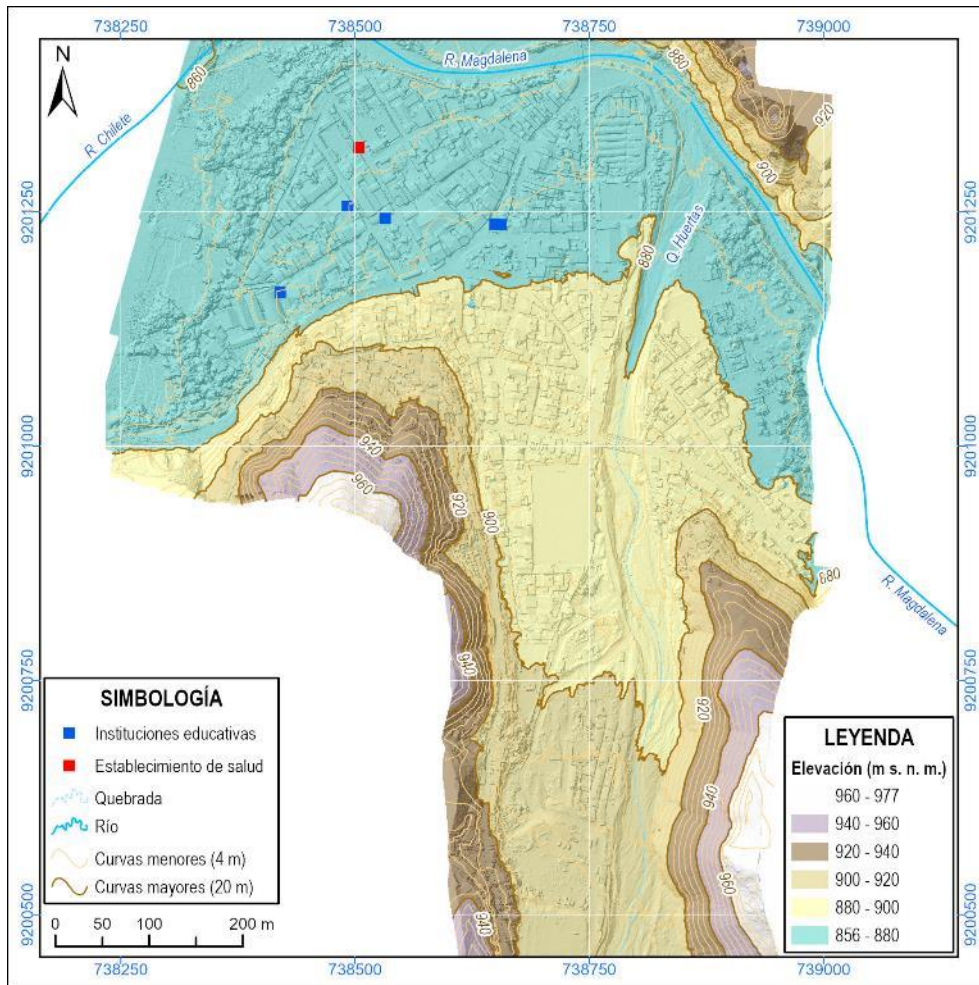


Figura 5. Modelo digital de elevaciones de la localidad de Chilete.

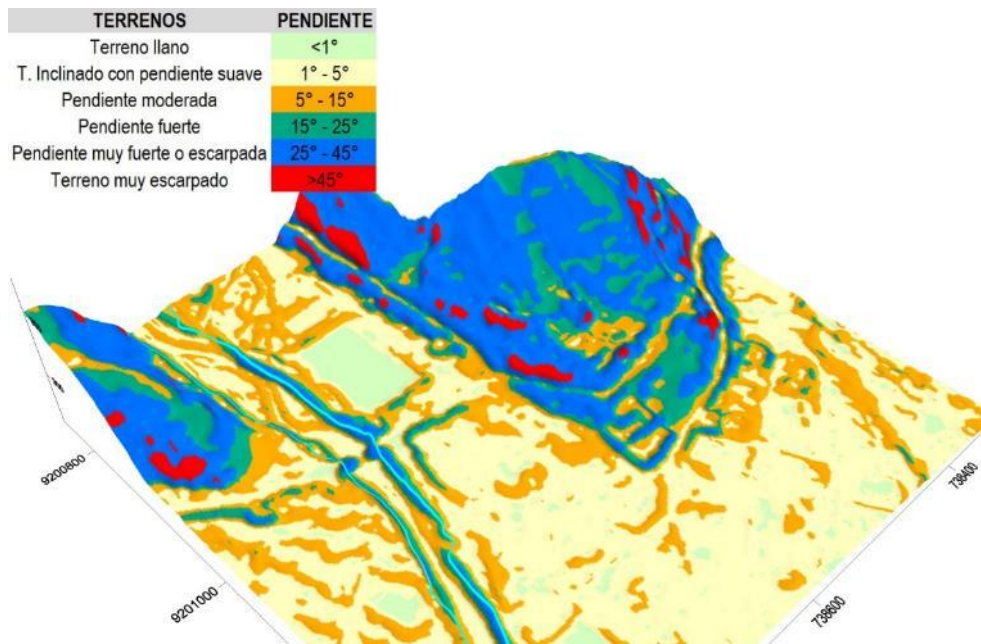


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes de la localidad de Chilete. El sector afectado por flujos de detritos está delimitado en línea celeste.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colina en roca volcánico sedimentaria), así como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvio deluvial, piedemonte proluvial, terraza aluvial y planicie inundable). Se muestran en la figura 7 y en el mapa 3.

4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales, originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial o total de ellos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidad de Colina

Relieves que presentan menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Las colinas presentan una inclinación promedio en sus laderas superior a 9° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha de base aproximadamente circular (Villota, 2005).

- **Sub unidad de colina en roca volcánico sedimentaria (C-rvs)**

Corresponde a terrenos elevados con pendiente de laderas superiores a 15°, ubicadas al este, oeste y norte de Chilete, presentan poca vegetación.

4.3.2. Unidades de carácter deposicional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemontes

- **Subunidad de vertiente coluvio deluvial (V-cd)**

Son terrenos de pendiente de moderada a fuerte, ubicados en las partes bajas de las colinas de Chilete, con mayor contenido de finos que la unidad de anterior, presentan arbustos y pastos esporádicos.

- **Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio torrencial (P-pral)**

Esta unidad se ubica en las partes bajas de la localidad de Chilete, en el cauce de la quebrada Huertas, donde los flujos de detritos ocasionales han acumulados suelos de gravas moderadamente graduadas, en terrenos de pendiente de suave a moderada.

Unidad de Planicies

- **Subunidad de terraza aluvial (T-a)**
 Son terrenos ubicados en las proximidades de la quebrada Huertas y del río Magdalena. Corresponden a antiguos cauces fluviales que han formado terrenos de pendiente llana a suave.
- **Subunidad de planicie inundable (PI-i)**
 Corresponde a terrenos ubicados en el cauce del río Magdalena y en sus cercanías. Poseen llana a suave pendiente y ausencia de vegetación.

4.3.3. Otras unidades

Corresponden a terrenos de terrazas aluviales (T-aat), con recientes infraestructuras antropogénicas como viviendas, vías, entre otras.



Figura 7. Geoformas cartografiadas en la localidad de Chilite.

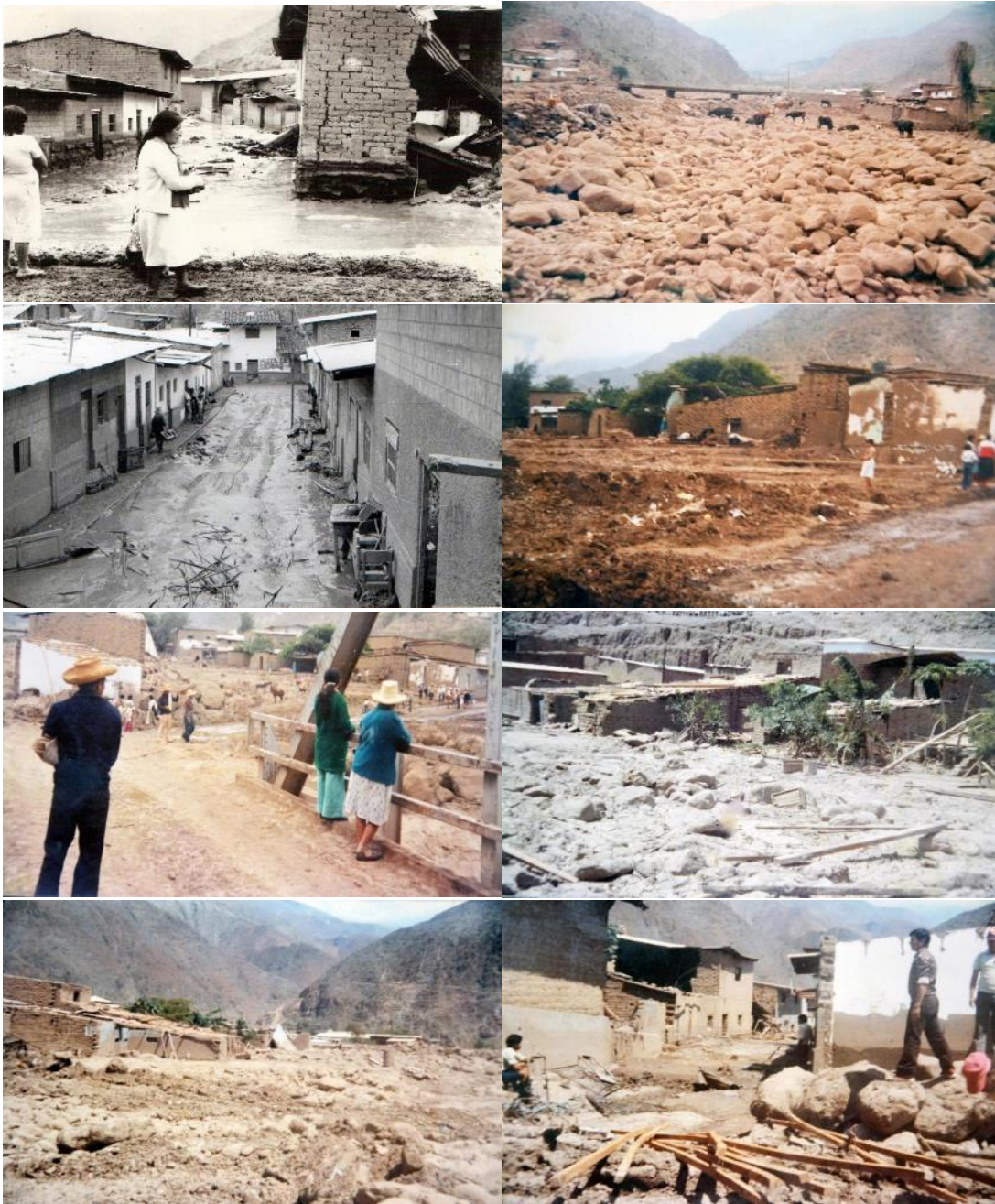
5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa tipo flujos de detritos (PMA:GAC 2007). Estos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

5.1. Flujo de detritos en la quebrada Huertas

La quebrada Huertas ha sido lugar de constantes flujos de detritos, que antiguamente han causado afectación en la ciudad de Chilite, como en el 10 de enero de 1981 (fotografía 3) donde afectó el 30% de las viviendas (Dilas Gonzáles, 2022); en la actualidad son necesarios constantes trabajos de descolmatación a fin de evitar la saturación de su cauce que pueda generar nuevas emergencias (fotografía 4).



Fotografía 3. Afectación de viviendas y vías de Chilete por flujo de detritos de la Quebrada Huertas el 10 de enero de 1981. Fuente: Municipalidad Distrital de Chilete.



Fotografía 4. Colmatación de la quebrada Huertas en marzo del 2017 (izquierda) y 2019 (derecha). Fuente: Municipalidad Distrital de Chilete.

La quebrada Huertas es considerada como una zona crítica por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2023), debido a sus eventos históricos de desborde que han afectado al casco urbano de la localidad de Chilete.

En la fotografía 5 se aprecia el estado del cauce de la quebrada Huertas durante los trabajos de campo (setiembre del 2024), si bien muestra que se han realizado labores de descolmatación, es recomendable practicar continuamente estos trabajos, debido a que es fácilmente colmatable por nuevos flujos de detritos que pueden discurrir en la época de lluvias intensas.



Fotografía 5. Vista de la quebrada Huertas en el sector urbano de la localidad de Chilete.

5.1.1. Evaluación De Peligros Por Flujos De Detritos

El caudal de la quebrada Huertas, tanto de agua y sedimentos, puede alcanzar los 351.17 m³/s (Dilas González, 2022); según este caudal y la topografía obtenida en los trabajos en campo, se ha realizado un modelamiento hidráulico con el software IBER, cuyo resultado se muestra en la figura 8 y 9.



Figura 8. Demarcación de la zona afectada por flujo de detritos durante la temporada de lluvias en la quebrada Huertas, a un caudal de 351.17 m³/s.

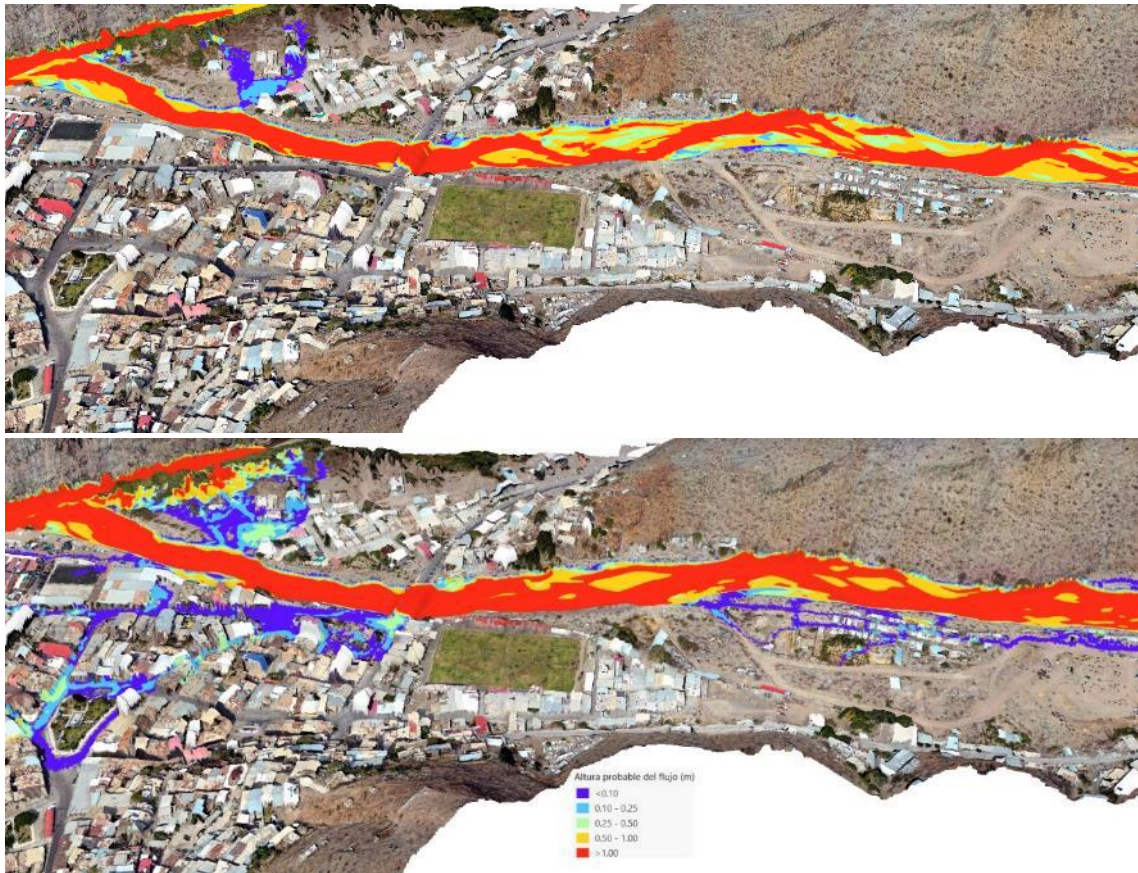


Figura 9. Modelamiento hidrológico con el software IBER en la quebrada Huertas a caudales de 351.17 m³/s (arriba) y 656.63 m³/s (abajo).

El segundo análisis que se muestra en la figura 9 (caudal de 656.63 m³/s) corresponde a un escenario donde se presentarían constantes flujos de detritos que no serían descolmatados, produciéndose la saturación y consiguiente reducción del tirante del cauce, por lo que se produciría el desborde de la quebrada tanto al este y oeste de la quebrada Huertas (figura 10).



Figura 10. Sobreposición de las áreas impactadas por flujos de detritos en la quebrada Huertas, a un caudal de 351.17 m³/s (en amarillo) y 656.63 m³/s (en celeste).

Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Flujo de detritos.
- Estado: Inactivo – latente.
- Estilo: Único.
- Velocidad: Muy rápido (varios metros por segundo, según reporte del COE local).
- Composición: Suelos proluviales de gravas medianamente graduadas (tabla 4).

Morfometría

- Área: 4.1 ha.
- Alcance horizontal: 500 a 900 m.
- Altura promedio del flujo: 2 a 5 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos proluviales poco consolidados de composición de gravas medianamente graduadas.
- Ladera de pendiente suave a moderada (1° a 15°), que permite la depositación de bloques, gravas y arenas arrastradas por los flujos.

Factores antrópicos

- Ocupación inadecuada de cauces antiguos de la quebrada Huertas.
- Colmatación constante del cauce de la quebrada.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas que superaron los 80 mm/día (figura 3).

Daños probables

- 50 viviendas en peligro.
- 100 m de la vía nacional PE-08 en peligro.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica y geomorfológica obtenida de la localidad de Chilete, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. La localidad de Chilete está asentada sobre piedemontes aluviales antropizados de pendiente suave a moderada (1° a 15°); en los alrededores se ubican laderas de colinas en rocas volcano sedimentarias con pendiente escarpada a muy escarpada ($>25^\circ$). En las partes bajas se distinguen terrazas aluviales y planicies inundables de pendiente suave a llana ($<5^\circ$).
- b. Litológicamente, el basamento rocoso está representado por flujos de lavas andesíticas de la Etapa Volcánica Chilete, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas; mientras que los movimientos en masa vienen produciendo depósitos coluvio deluviales y proluviales; además de depósitos aluviales y fluviales producto de la dinámica fluvial del río Magdalena y de la quebrada Huertas.
- c. En el cauce de la quebrada Huertas se producen constantes flujos de detritos, que antiguamente han desbordado y afectado gran parte del sector urbano de Chilete. El área expuesta es de 4.1 ha y se presentan en peligro 50 viviendas y 100 m de la vía nacional PE-08.
 - El factor detonante ha sido las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, las mismas que pueden alcanzar más de 80 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Contumazá.
 - Como factor antrópico se tiene la ocupación inadecuada de cauces antiguos de la quebrada Huertas.
 - Necesidad de descolmatación constante del cauce.
- d. De acuerdo a la evaluación de peligros en el área de impacto por flujos de detritos en Chilete, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera **Zona Crítica de Peligro Alto a Muy Alto.**



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. BALBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a flujos de detritos. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

7.1. Transversales a autoridades y población

- a) Implementar las medidas correctivas recomendadas en el presente informe técnico en el marco de sus competencias y obligaciones (Congreso de la República del Perú, 2018; Presidencia de la República del Perú, 2023 acá deben poner de manera adecuada la referencia, sea un Reglamento o una Ley).
- b) Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al “Principio de Oportuna Información” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).
- c) Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades que forman parte del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros del Perú, 2021).
- d) Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras; en base al principio de “Autoayuda” del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

7.2. Ante flujos de detritos

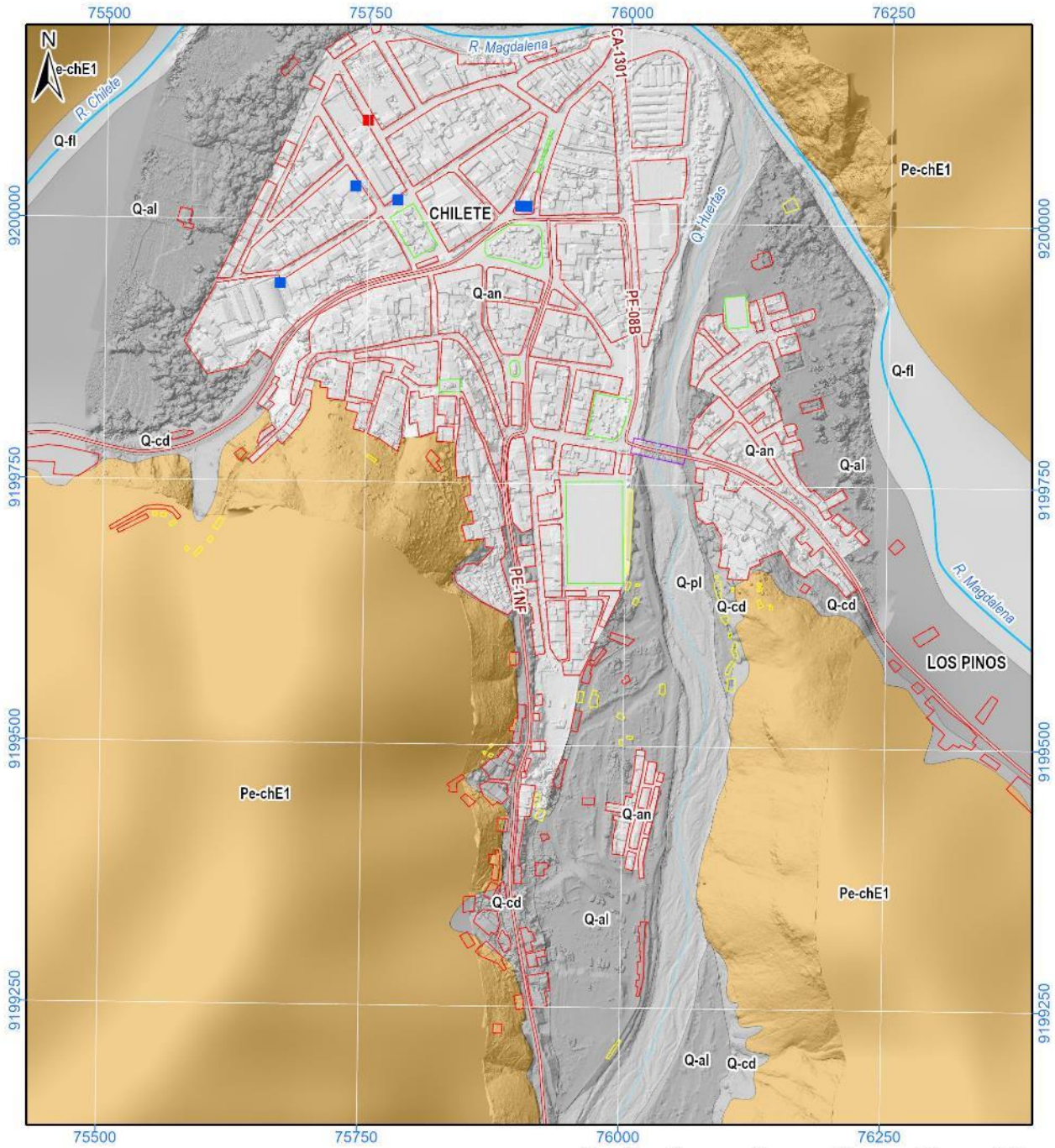
- a) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas.
- b) Canalización definitiva de la quebrada Huertas, en el sector urbano de la localidad de Chilete.
- c) Construcción de defensas ribereñas en todo el cauce de la quebrada Huertas que cruza la ciudad de Chilete.
- d) Implementar la descolmatación y mantenimiento periódico del cauce.
- e) Implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) frente a la ocurrencia de flujos de detritos.
- f) Implementar simulacros de evacuación, para responder de forma adecuada y oportuna ante las alertas emitidas.
- g) Implementar medidas de mitigación estructural integral, para atenuar y reducir el impacto de flujos de detritos en la cuenca de la quebrada Huertas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2023). *Ficha técnica referencial de identificación de punto crítico en el sector de la localidad de Chilete, distrito de Chilete, provincia de Contumazá, departamento de Cajamarca. Ficha N°16434.* https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigriv3/storage/biblioteca//16434_ficha-tecnica-referencial-de-identificacion-de-punto-critico-en-el-sector-de-la-localidad-de-chilete-distrito-de-chilete-provincia-de-contumaza-depart.pdf
- Congreso de la República del Perú. (2018, junio 5). *Ley N° 30779, ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).* 2. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-para-el-fortalecimiento-del-sistema-ley-n-30779-1655993-1/>
- Dilas Gonzáles, E. de la C. (2022). *Identificación de las áreas inundables por la quebrada Huertas, en la zona urbana de la localidad de Chilete, Cajamarca 2021 [Tesis].* Universidad Nacional de Cajamarca.
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017.* Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2022). *Mapas geológicos integrados 50k versión 2022.* Geocatmin. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA:GCA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Presidencia de la República del Perú. (2023, noviembre 24). Decreto Legislativo N° 1587. *Decreto Legislativo que Modifica la Ley 29664, Ley que Crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, 4. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2238192-1>
- Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. (2021). *Lineamientos para la organización y funcionamiento de los Centros de Operaciones de Emergencia - COE. Resolución Ministerial N° 258-2021-PCM.* <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2370158/RM%20N%C2%B0%20258-2021-PCM%20%281%29...pdf.pdf?v=1636130560>
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas.*

- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a 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.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/300>

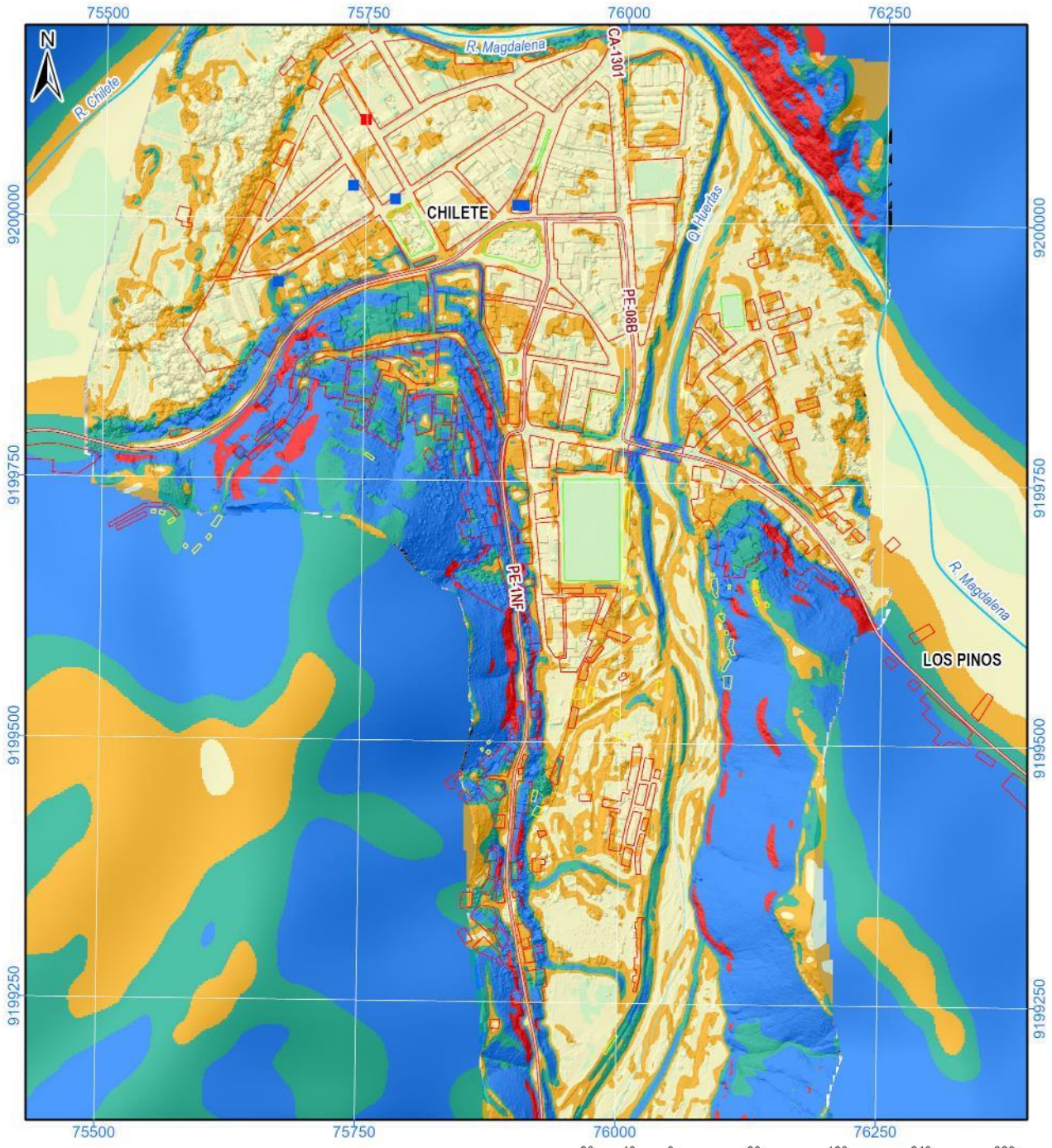
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
■	Instituciones educativas
■	Establecimiento de salud
	Quebrada
	Río
	Vía nacional asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Infraestructura de uso permanentes
	Infraestructura de uso temporal
	Recreación/parque
	Puente

LEYENDA	
	Q-an: Depósito antropogénico
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-pl: Depósito proluvial
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Pe-chE1: Etapa Volcánica Chilete - Evento 1

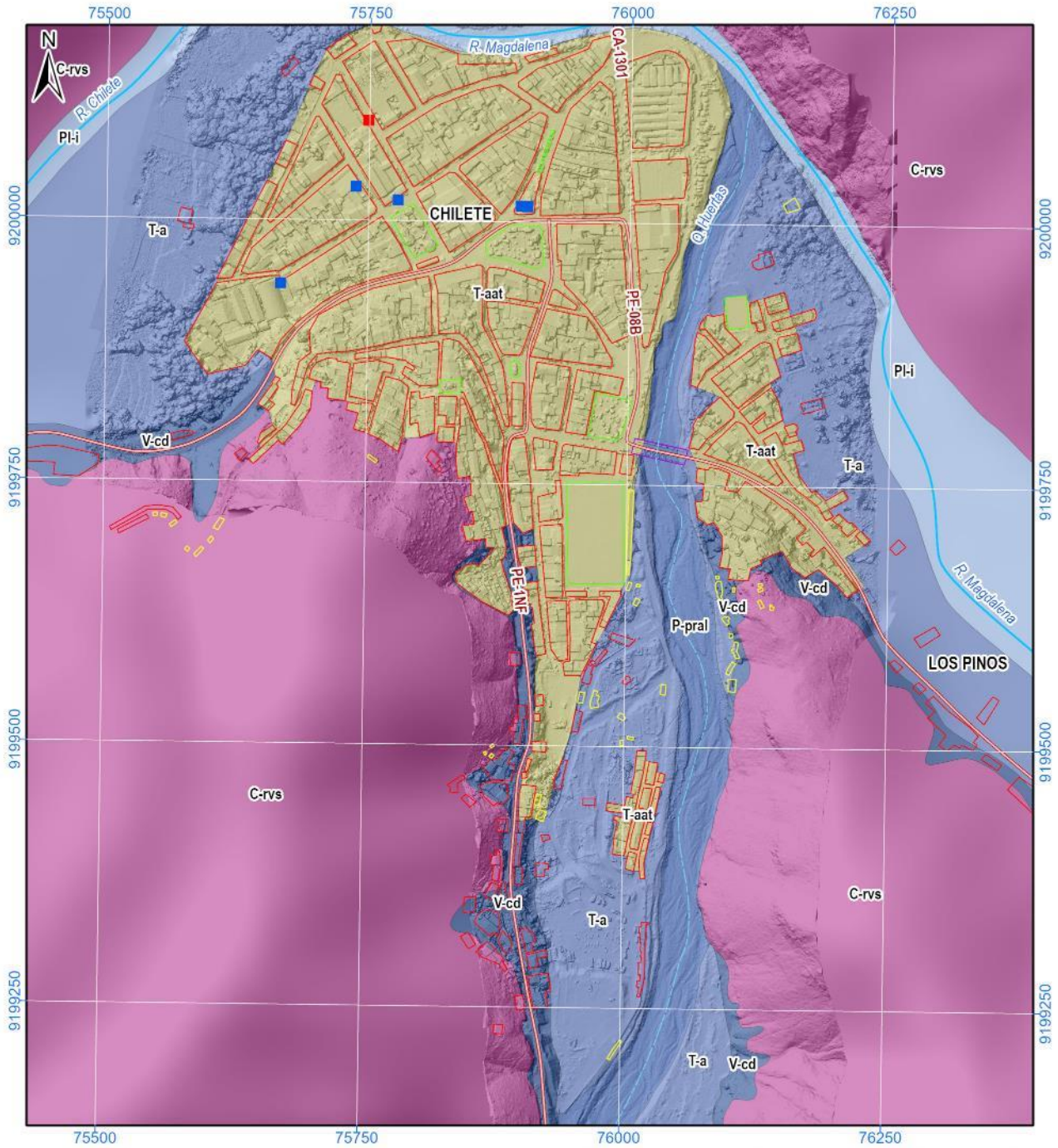
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUWAZÁ - CHILETE	
MAPA GEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE CHILETE	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2024
MAPA 1	



SIMBOLOGÍA	
	Instituciones educativas
	Establecimiento de salud
	Quebrada
	Río
	Vía nacional asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Infraestructura de uso permanentes
	Infraestructura de uso temporal
	Recreación/parque
	Puente

LEYENDA	
	<math><1^\circ</math>: Terreno llano
	1°-5°: Terreno inclinado con pendiente suave
	5°-15°: Pendiente moderada
	15°-25°: Pendiente fuerte
	25°-45°: Pendiente muy fuerte o escarpada
	>math>45^\circ</math>: Terreno muy escarpado

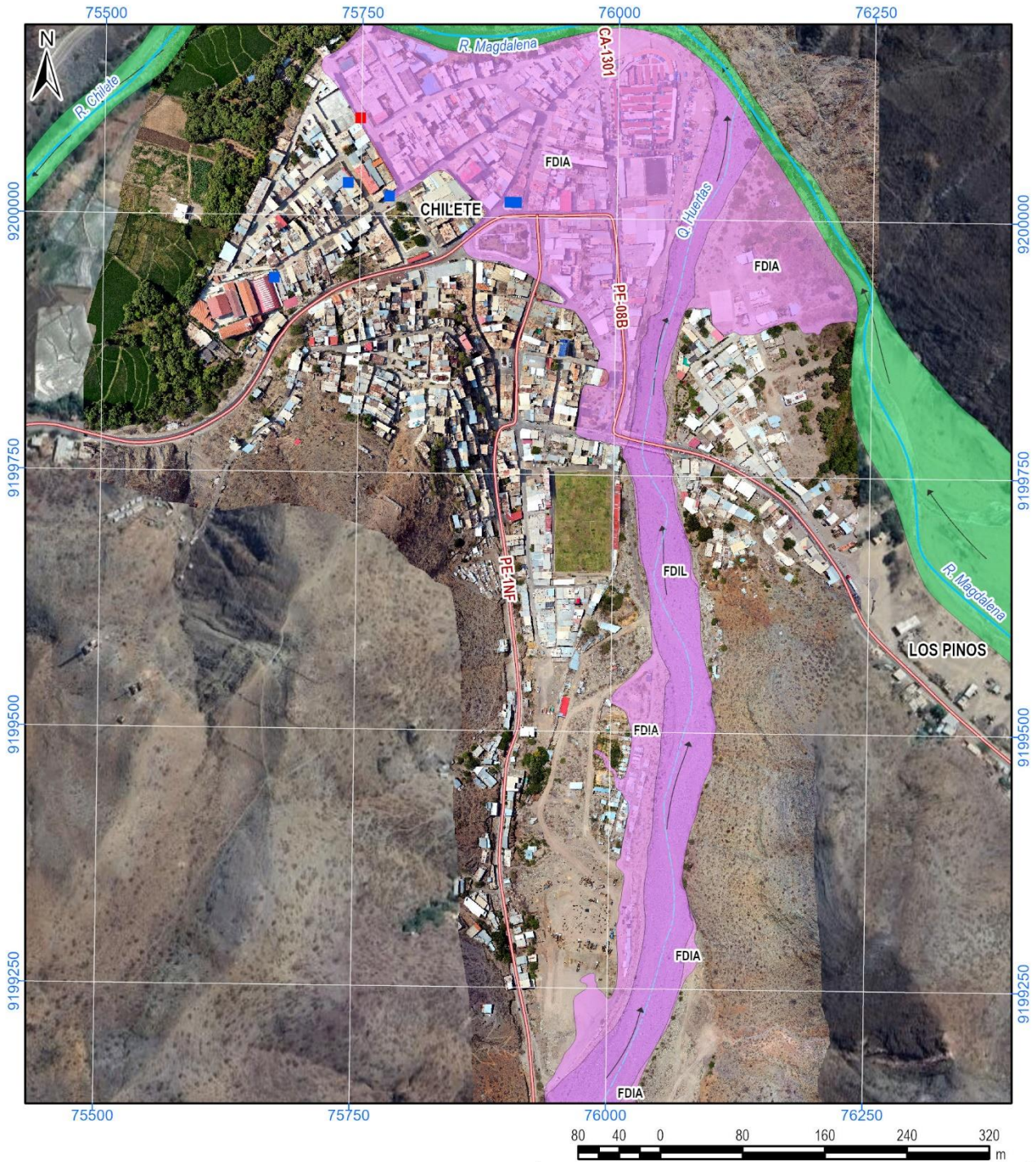
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZÁ - CHILETE	
MAPA DE PENDIENTES DE LA LOCALIDAD DE CHILETE	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2024
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
■	Instituciones educativas
■	Establecimiento de salud
	Quebrada
	Río
	Vía nacional asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Infraestructura de uso permanentes
	Infraestructura de uso temporal
	Recreación/parque
	Puente

LEYENDA	
	C-rvs: Colina en roca volcánico sedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	T-a: Terraza aluvial
	T-aat: Terraza aluvial antropizada
	P-pral: Piedemonte proluvial
	PI-i: Planicie inundable

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZÁ - CHILETE	
MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE CHILETE	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2024
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Instituciones educativas
	Establecimiento de salud
	Quebrada
	Río
	Vía nacional asfaltada
	Vía vecinal afirmada
	Dirección de movimiento activo

LEYENDA	
	Inundación y erosión fluvial
	Flujo de detritos inactivo latente
	Flujo de detritos inactivo abandonado

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CONTUMAZÁ - CHILETE	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA LOCALIDAD DE CHILETE	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/6,000	Versión digital: 2024
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para flujos de detritos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los flujos, 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 desestabilizantes 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 los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura 11). 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.

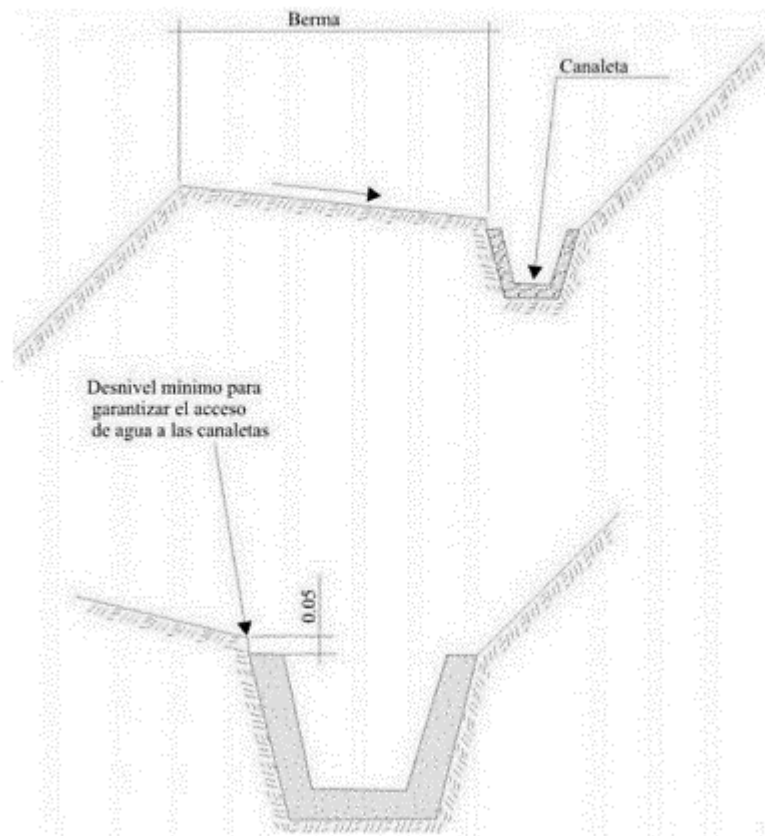


Figura 11. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos muestran una resistencia adicional contra los bloques que son desprendidos de la ladera, sirviendo como un cerco vivo, además de servir para mantener la cohesión de los suelos y evitar su erosión por medio de agentes meteorológicos (Suárez Díaz, 2007).

El control de erosión con plantas debe considerar la utilización de plantas locales y de raíces densas (figura 12 y fotografía 6).

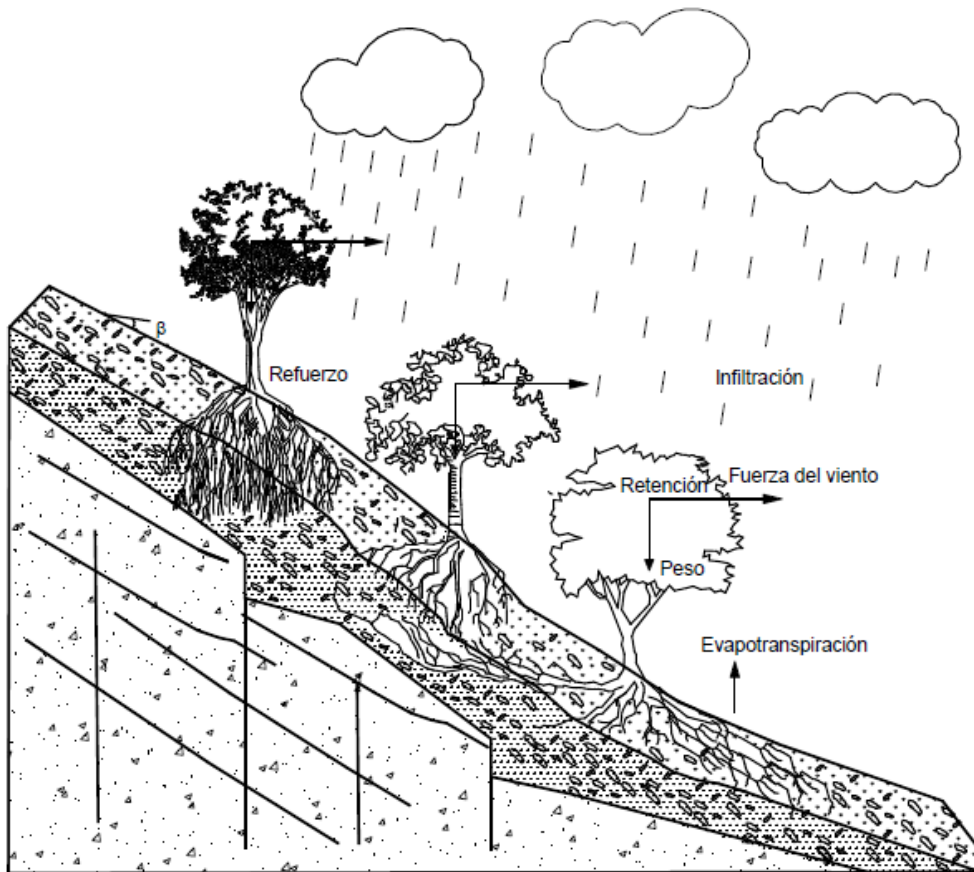


Figura 12. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 6. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales