

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7589

EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN DE LADERAS Y FLUJO DE DETRITOS EN LOS SECTORES DE SAN MARTÍN DE PORRES, LA ESPERANZA Y SAN LUIS

Departamento: Amazonas

Provincia: Utcubamba

Distrito: Bagua Grande



DICIEMBRE
2024

***EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN DE LADERAS Y
FLUJO DE DETRITOS EN LOS SECTORES DE SAN MARTÍN DE PORRES, LA
ESPERANZA Y SAN LUIS***

***Distrito Bagua Grande
Provincia Utcubamba
Departamento Amazonas***

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 de peligros geológicos por erosión de laderas y flujo de detritos en los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, Distrito Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas”*. INGEMMET, Informe Técnico N° A7589, 34p.

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	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Celendín (Ks-ce).....	10
3.1.2. Formación Chota Miembro Inferior (KsP-cho/i).....	11
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	14
4.2. Pendiente del terreno.....	14
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	15
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	15
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	16
4.3.3. Geoformas Particulares.....	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Erosión en surcos y cárcavas	20
5.2. Flujos de detritos	22
6. CONCLUSIONES	26
7. RECOMENDACIONES.....	27
7.1. Transversales a autoridades y población	27
7.2. Ante erosión de laderas y flujos de detritos.....	27
8. BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXO 1. MAPAS	30
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	34

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por erosión de laderas y flujo de detritos, realizado en los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Provincial de Utcubamba, distrito Bagua Grande, departamento Amazonas. Contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico.

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a calizas arenosas, lutitas calcáreas y areniscas calcáreas de las formaciones Celendín y Chota miembro inferior, muy fracturadas y altamente meteorizadas; mientras que los movimientos en masa vienen produciendo depósitos coluvio deluviales y proluviales.

El área configura en las partes bajas terrazas aluviales antropizadas de pendiente suave a llana ($<5^\circ$), laderas disectadas en roca sedimentaria con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°) en las partes medias; mientras que en las partes altas se presentan colinas en rocas sedimentarias de pendiente de suave a fuerte (5° a 25°).

Las laderas de los sectores evaluados son susceptibles a procesos de erosión de laderas (en surcos y cárcavas), abarcan 71.6 ha, afectan a 20 viviendas y 5 km de vías; las cárcavas pueden tener profundidades de 2 m y longitudes de 200 m, mientras que los surcos tienen una profundidad de hasta 0.5 m y pueden alcanzar hasta una longitud de 50 m.

También se registran flujos de detritos por desborde de quebradas mal canalizadas que afectan a 10 viviendas y 1 km de vías locales, abarcan 3.5 ha.

Como factor detonante, se considera las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden superar los 70 mm/día, según registros de la estación meteorológica El Pintor.

Además, se tienen como factores antrópicos, ausencia de drenajes urbanos adecuados, deforestación de laderas, quebradas sin canalizar y excavaciones para habilitación de viviendas y vías.

Por las condiciones mencionadas, se concluye que el área es considerada de **Peligro Alto a Muy Alto** a la ocurrencia de erosión de laderas y flujos de detritos.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la prohibición de construcción de viviendas en zonas de peligro muy alto, reforestar las laderas, canalización definitiva de quebradas y construcción de sistemas de drenajes urbanos adecuados.

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 Provincial Utcubamba Oficio N° 104-2024-MPU/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por erosión de laderas y flujo de detritos en los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis; la ocurrencia de los eventos mencionados es periódica durante las temporadas de lluvias, el último evento ocurrió en febrero del 2024.

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 13 de agosto del 2024.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; etapa final de gabinete donde se procesó toda la información terrestre y aérea 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 Provincial de Utcubamba, Gobierno Regional de Amazonas, 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 erosión de laderas y flujo de detritos que se presenta en los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes 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 incluyen a los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- Boletín N° 56 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar” (Sánchez, 1995) donde se describe las unidades geológicas a una escala 1:100 000; calizas arenosas, lutitas calcáreas y areniscas calcáreas de las formaciones Celendín y Chota.
- Boletín N° 39 Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina *et al.*, 2009) presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis se ubican en terrenos de **susceptibilidad alta a muy alta ante movimientos en masa**.
- Boletín N° 142 Serie A, “Geología de los cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, Hojas 11-g y 12-g, escala 1:50,000” (Chacaltana *et al.*, 2011), cartografía estandarizada a nivel nacional (Ingemmet, versión 2022) donde se describe las unidades geológicas; asimismo se reafirma la presencia de calizas arenosas, lutitas calcáreas y areniscas calcáreas de las formaciones Celendín y Chota (miembro inferior).
- Informe Técnico N° A7473, “Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, distrito Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas”, donde se identificaron procesos de deslizamiento rotacional y erosión de laderas en el sector de San Luis Alto consideradas como de peligro Alto, además se presentaron recomendaciones de control de riesgos como reubicar a las viviendas inhabitables, construir drenajes pluviales impermeabilizados, monitorear la actividad de los movimientos en masa, reforestar las laderas, capacitar a la población en GRD, entre otras.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, que pertenecen al distrito Bagua Grande, Provincia Utcubamba, departamento Amazonas (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además se muestran las coordenadas centrales referenciales de los eventos principales identificados.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio – Bagua Grande.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	784820	9362850	-5.758496	-78.428352
2	784820	9361400	-5.771600	-78.428291
3	783240	9361400	-5.771665	-78.442551
4	783240	9362850	-5.758561	-78.442604
Coordenada central de los peligros identificados				
San Martín de Porres - Jr. César Vallejo	783434	9362379	-5.762807	-78.440834
La Esperanza - Jr. Belén	784176	9362543	-5.761296	-78.434151
San Luis - Jr. Junín	784721	9362729	-5.759596	-78.429237
San Luis - Av. Túpac Amaru	784336	9362128	-5.765038	-78.432694

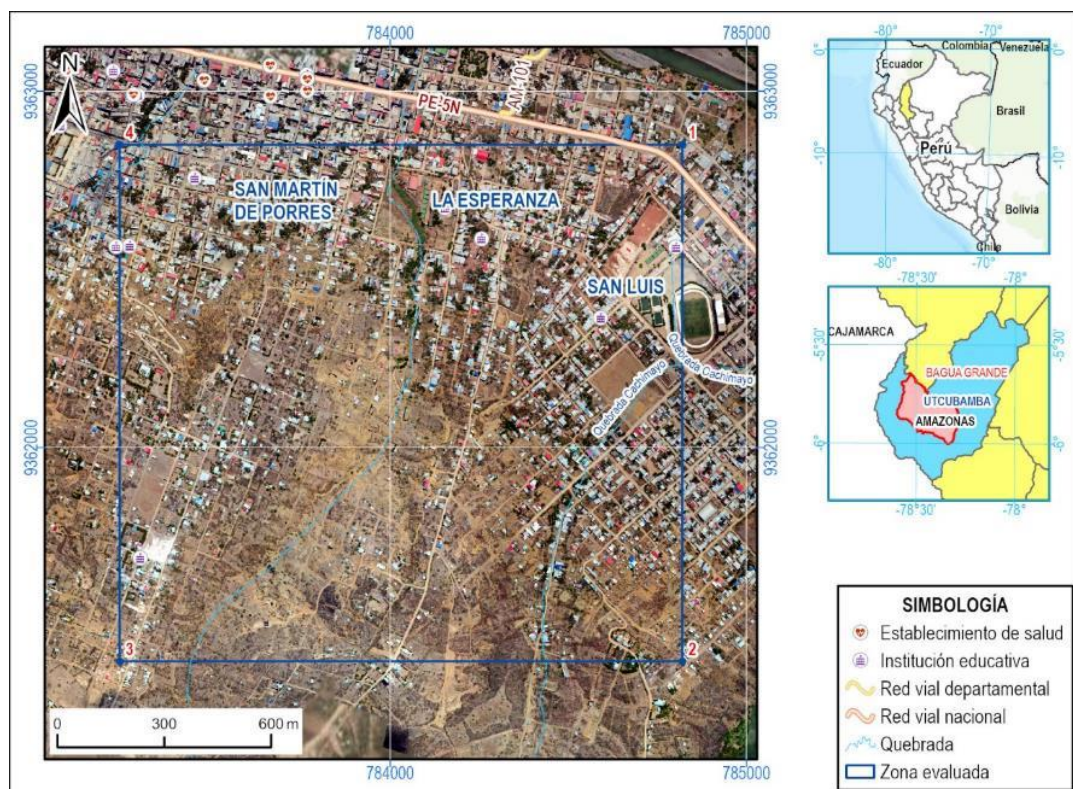


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta las localidades evaluadas se realiza a través de las vías nacionales asfaltadas PE-08B, PE-08C, PE-5N; 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 Chachapoyas – Bagua Grande	Asfaltada	120	2 horas 30 minutos

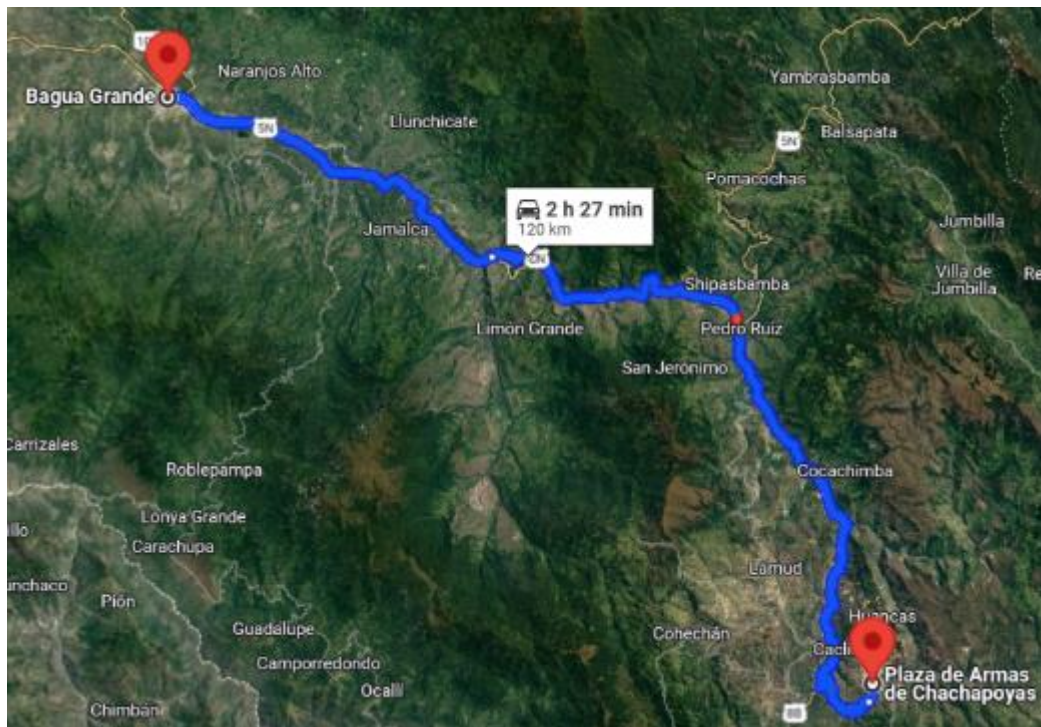


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Chachapoyas hasta la localidad de Bagua Grande.
Fuente: Google Maps.

1.3.3. Población

De acuerdo con los datos del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Bagua Grande, tiene una población de 32 519 habitantes, distribuidos en 11 631 viviendas con acceso a red pública de agua, energía eléctrica y desagüe (en la parte baja de la ciudad).

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año, cálido (C (r) A'), con una temperatura máxima promedio de hasta 33°C, una temperatura mínima promedio desde 19°C y una precipitación anual entre 900 mm a 1 200 mm.

Entre los años 2020-2024, los meses de enero – marzo, el sector evaluado puede registrar precipitaciones pluviales que superan los 70 mm/día (figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

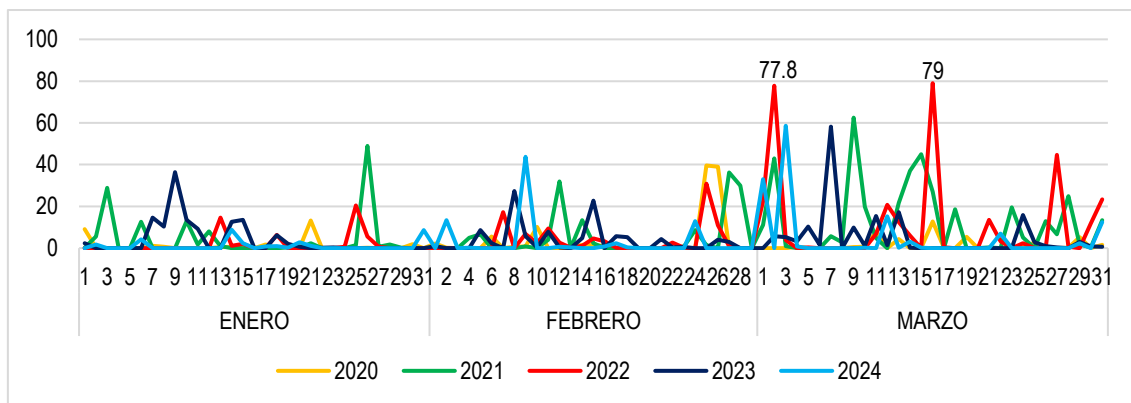


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2020-2024, en la Estación El Pintor. **Fuente:** Senamhi.

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.

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.

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.

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.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Bagua Grande, boletín N° 142 Serie A, "Geología de los cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, Hojas 11-g y 12-g (Chacaltana *et al.*, 2011), donde se tienen principalmente calizas arenosas, lutitas calcáreas y areniscas calcáreas de las formaciones Celendín y Chota; además del cartografiado de campo de agosto del 2024 (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprende unidades sedimentarias del Cretácico – Paleógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados.

3.1.1. Formación Celendín (Ks-ce)

Esta unidad está conformada por lutitas y limolitas grises verdes, a veces se encuentra abigarradas, con intercalaciones de caliza delgadas grises, muy fracturadas y altamente meteorizadas; se ubican en las partes altas de los sectores San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis (figura 4).

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 3) de entre 25 a 50 MPa en los estratos de calizas y de entre 5 a 25 MPa en los estratos de lutitas calcáreas; además de un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 20 a 30 (figura 5).



Figura 4. Corte de talud en la localidad de San Luis, donde se aprecian calizas intercaladas con lutitas calcáreas (arriba) y detalle de una vetilla de yeso rellenando una fractura entre los estratos de calizas (abajo).

3.1.2. Formación Chota Miembro Inferior (KsP-cho/i)

Corresponde a una secuencia de areniscas intercaladas con lutitas, margas y limolitas rojas, además de micro conglomerados, conglomerados y areniscas conglomeráticas, muy fracturadas y altamente meteorizadas; se presenta en la localidad de La Esperanza (Fotografía 1)

La resistencia geológica de sus macizos rocosos es baja, reflejado en una resistencia a la compresión uniaxial (tabla 3) de entre 25 a 50 MPa en los estratos de areniscas y de entre 5 a 25 MPa en los estratos de lutitas; además de un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) de entre 30 a 40 (figura 5).



Fotografía 1. Estratos de areniscas de la Formación Chota Miembro Inferior, ubicados en la localidad de La Esperanza.

Tabla 3. Estimaciones de la resistencia a la compresión uniaxial; de débil a medianamente fuerte para las formaciones Celendín y Chota miembro inferior. **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

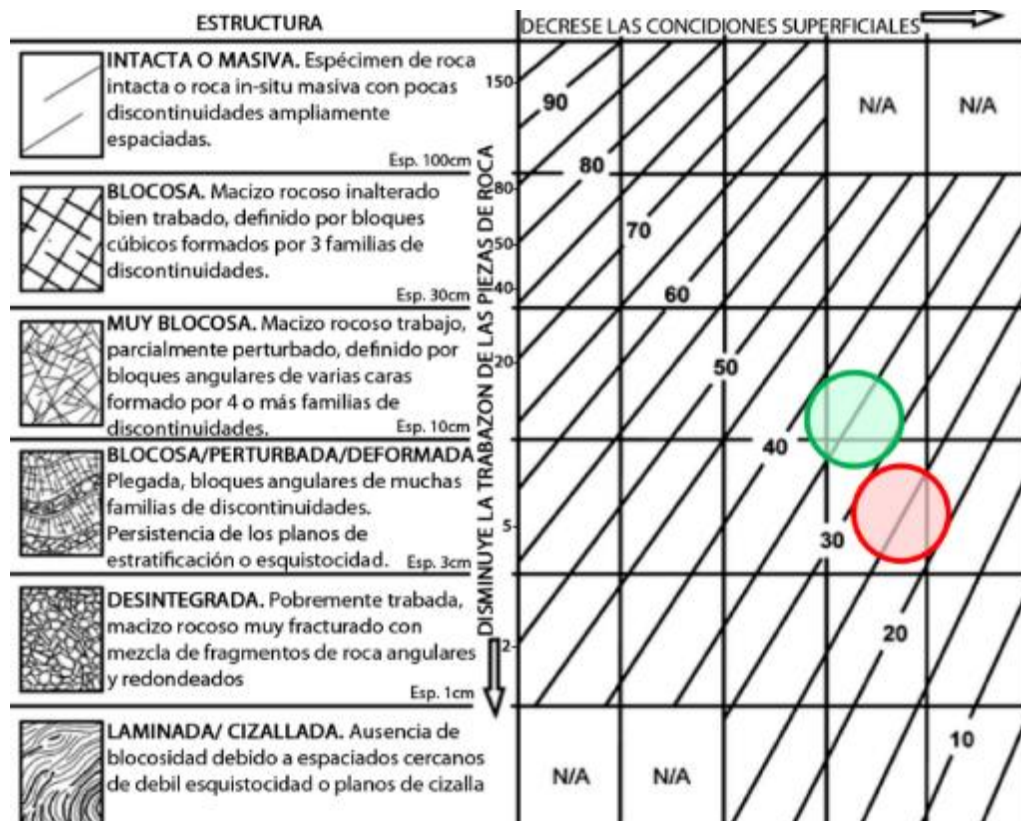


Figura 5. Estructura y calidad de las discontinuidades en los macizos rocosos de la Formación Celendín, GSI promedio de entre 20 a 30 (en círculo rojo) y de la Formación Chota miembro inferior (en círculo verde) de entre 30 a 40. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial 1 (Q-cd1)

Corresponde a material detrítico ubicado en las laderas de las colinas; no han sufrido mucho transporte y su espesor no suele sobrepasar los 2 m, los fragmentos gruesos son angulosos y su composición es autóctona (fracturamiento de los macizos rocosos de la zona).

Depósito coluvio deluvial 2 (Q-cd2)

Corresponde a depósitos transportados por movimientos en masa como deslizamientos, presentando espesores de entre 5 a 10 m; su granulometría corresponde a bloques y cantos sub redondeados con arenas y limos como matriz.

Depósito proluvial 1 (Q-pr1)

Son depósitos producidos por flujos de detritos que erosionan las colinas de los sectores evaluados, y se acumulan en las laderas y partes bajas de estas colinas conformando suelos de pocos centímetros a algunos metros de espesor; teniendo una composición mayoritaria de gravas pobremente graduadas, con los componentes gruesos están muy redondeados.

Depósito proluvial 2 (Q-pr2)

Corresponde a depósitos dejados por flujos, que se canalizan por los cauces de quebradas ubicándose en las partes bajas de las zonas evaluadas. Presentan una granulometría de limos y arcillas con pocos componentes gruesos, pero con un espesor de varios metros y presentar varias secuencias de depositación (tabla 4).

Tabla 4. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 783436, N: 9362372.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
☐	Eluvial	☐	Lacustre	☐	Esférica	☐	Redondeado
☐	Deluvial	☐	Marino	X	Discoidal	X	Sub redondeado
☐	Columbial	☐	Eólico	☐	Laminar	☐	Anguloso
☐	Aluvial	☐	Orgánico	☐	Cilíndrica	☐	Sub anguloso
☐	Fluvial	☐	Artificial				
X	Proluvial	☐	Litoral				
☐	Glaciar	☐	Fluvio glaciar				
☐		5	Bolos				
☐		5	Cantos				
☐		10	Gravas				
☐		5	Gránulos				
☐		10	Arenas				
☐		40	Limos				
☐		25	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
☐	Alta plasticidad	☐	Masiva	X	Harinoso	☐	Materia orgánica	☐	Intrusivos
X	Med. plasticidad	X	Estratificada	☐	Arenoso	X	Carbonatos	☐	Volcánicos
☐	Baja plasticidad	☐	Lenticular	☐	Áspero	☐	Sulfatos	☐	Metamórficos
☐	No plástico	☐		☐		☐		X	Sedimentarios

COMPACIDAD		
SUELOS FINOS		
Limos y Arcillas		
☐	Blanda	
X	Compacta	
☐	Dura	
SUELOS GRUESOS		
Arena		
☐	Suelta	
☐	Densa	
☐	Muy Densa	
Gravas		
☐	Suelta	
☐	Med. consolidada	
☐	Consolidada	
☐	Muy consolidada	

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.						
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS		
☐	GW	☐	SW	☐	ML	X MH
☐	GP	☐	SP	☐	CL	CH
☐	GM	☐	SM	☐	OL	OH
☐	GC	☐	SC	☐	PT	

Depósito antropogénico (Q-an)

Son terrenos cubiertos por suelos de diversa composición granulométrica que han sido acarreados por acción del hombre para la cimentación de sus viviendas, afirmado de vías, etc.; se ubican en los cascos urbanos de las partes bajas de la ciudad de Baqua Grande.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

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

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta elevaciones que van desde los 449 m hasta los 626 m, en los cuales se distingue 7 niveles altitudinales (figura 6), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 500 y 550 m, con terrenos de pendiente promedio de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) correspondiente a laderas disectadas en roca sedimentaria.

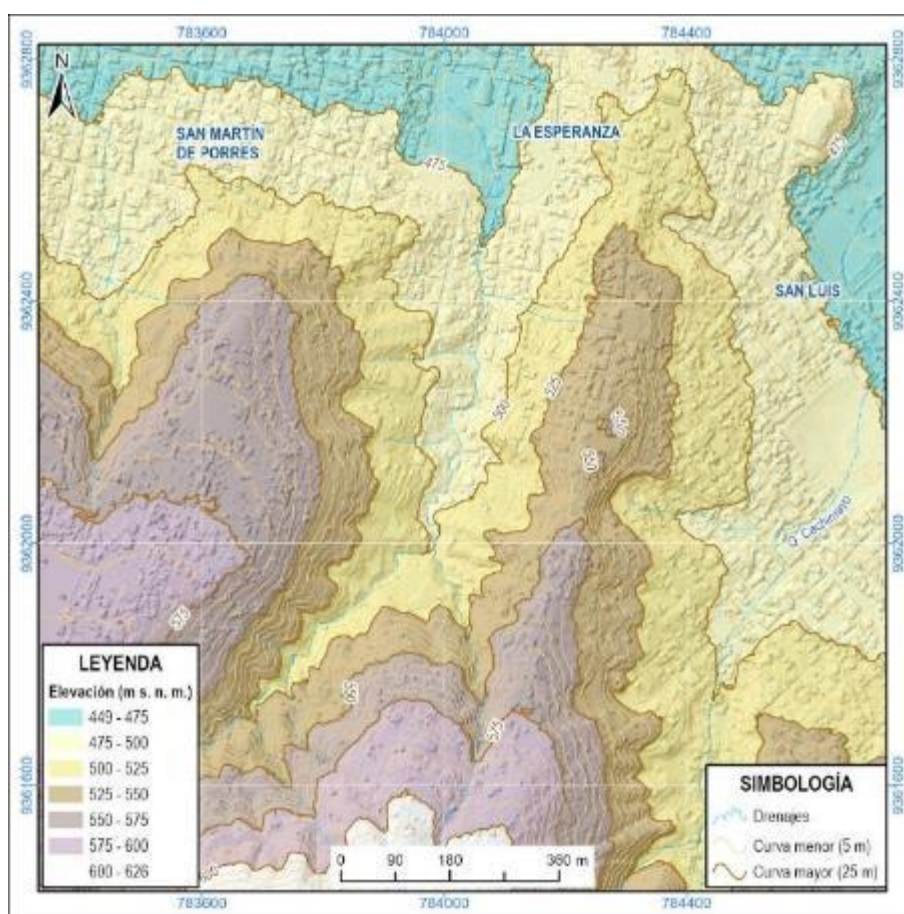


Figura 6. Modelo digital de elevaciones de los sectores evaluados.

4.2. Pendiente del terreno

Los sectores urbanos de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis se ubican en terrenos con pendiente de suave a moderada (1° a 15°) que se encuentran sobre colinas en rocas sedimentarias y terrazas aluviales antropizadas; sin embargo, las laderas de estas colinas muestran pendientes de fuertes a muy fuertes (15° a 45°) (figura 7 y mapa 2).

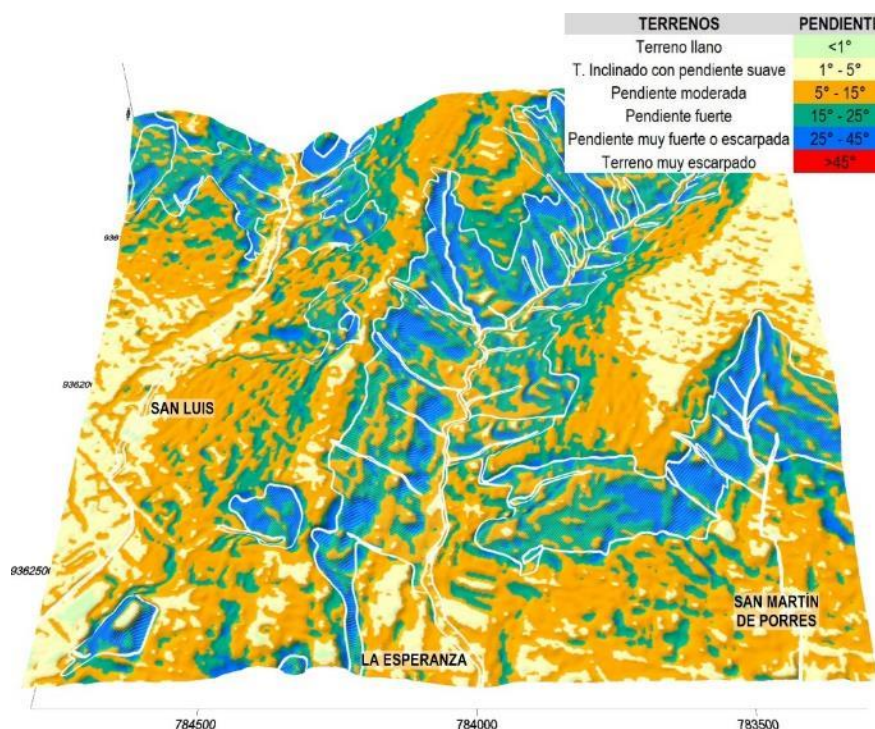


Figura 7. Modelo 3D de las pendientes de los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, se muestran los terrenos impactados por peligros geológicos, delimitados en líneas blancas.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen unidades tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (colina en roca sedimentaria, ladera disectada en roca sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente con depósito de deslizamiento y piedemonte proluvial); se grafican en la figura 8 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

Las colinas presentan menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local). Presentan una inclinación promedio en sus laderas superior a 10° y divergen en todas direcciones a partir de la cima relativamente estrecha de base aproximadamente circular. (Villota, 2005).

- Sub unidad de colina en roca sedimentaria (C-rs)

Estos terrenos conforman los remanentes de grandes montañas que han sido remodeladas por erosión y meteorización; presentan pendientes superiores a 15°; ubicados en las partes altas, hacia el sur, de los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis.

- **Sub unidad de ladera disectada en roca sedimentaria (LAD-rs)**
Corresponden a las partes laterales de las colinas de la zona, donde se evidencia la erosión en cárcavas y surcos que han modelado la morfología original; presentan fuerte a muy fuerte pendiente (15° a 45°).

En la zona evaluada se ubican entre las terrazas aluviales inferiores, hacia el norte, y las colinas en roca sedimentaria que se aprecian hacia el sur.

4.3.2. Unidades de carácter depositacional 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 con depósito de deslizamiento (V-dd)**
Son terrenos modelados por acción de movimientos en masa tipo deslizamiento; generalmente el relieve es cóncavo y presentan pendientes de fuerte a muy fuerte (15° a 45°).

En la zona de estudio se ubica al sureste, en las partes altas de la localidad de San Luis, donde se presenta un deslizamiento activo.

- **Subunidad de piedemonte proluvial 1 (P-pral1; P-pral2)**
Corresponde a terrenos ubicados en dos sectores diferenciados: i) laderas de colinas que muestran una acumulación de arenas, gravas y cantos acarreados por escorrentías de baja energía y que han sufrido poco transporte. En la zona evaluada se asocian a los terrenos que vienen siendo afectadas por erosión en cárcavas. ii) Corresponde a terrenos ubicados en cauces de quebradas con menor pendiente que el caso anterior y que se ubican en el fondo de los valles locales, además sus componentes han sufrido un mayor transporte debido a la mayor energía de los flujos que circulan por estas quebradas. Se ubican en los tres sectores de Bagua Grande evaluados, por donde discurren quebradas sin canalización adecuada.

4.3.3. Otras unidades

- **Subunidad de terraza aluvial antropizada (T-aat)**
Abarca los terrenos de pendiente suave a llana (<5°) ubicados en las partes bajas de los sectores evaluados, hacia el norte. Antiguamente correspondían a terrazas aluviales y que hoy son utilizados para la habilitación urbana y construcción de infraestructuras antrópicas.



Figura 8. Geoformas cartografiadas en los sectores La Esperanza y San Martín de Porres: colina en roca sedimentaria (C-rs), ladera disectada en roca sedimentaria (LAD-rs), piedemonte proluvial 1 (P-pral1), piedemonte proluvial 2 (P-pral2), y terraza aluvial antropizada (T-aat).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, tipo flujo de detritos (PMA:GAC 2007) y erosión de laderas (en surcos y cárcavas). Estos procesos son resultado del 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 son geometría del terreno, pendiente, tipo de roca, tipo de suelos, drenaje superficial-subterráneo y cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

En la figura 9 se muestra los resultados de simulaciones de precipitaciones en los sectores evaluados (con el programa ArcGIS Pro a una tasa de 80 mm/hr), donde se aprecia como se activan los drenajes en las laderas de las colinas, que producen la erosión de laderas (surcos y cárcavas) y consiguientes flujos de detritos, que afectan a los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis.

En el sector San Martín de Porres (figura 10) se presenta eventos de erosión en surcos y en cárcavas; las laderas son de pendiente fuerte a muy fuerte, mientras que en el fondo de las colinas se encausa un flujo de detritos que afecta al sector urbano, debido a la falta de canalización de la quebrada.



Figura 9. Simulación de un evento de lluvias intensas (80 mm/hora) en los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis.



Figura 10. Peligros geológicos en el sector San Martín de Porres: se delimitan los procesos de erosión en surcos (verde), erosión en cárcavas (amarillo) y flujo de detritos (violeta).

En el sector La Esperanza, de igual manera, se produce afectación de viviendas y vías por erosión de laderas (surcos y cárcavas); mientras que los flujos de detritos son encausados en vías recientemente trazadas y por cunetas sin revestimiento adecuado (figura 11).



Figura 11. Peligros geológicos en el sector La Esperanza: se delimitan los procesos de erosión en surcos (verde) y erosión en cárcavas (amarillo).

En el sector San Luis se presenta principalmente erosión de laderas (surcos y cárcavas); también, se ha registrado un flujo de detritos que afecta al Jr. Junín (figura 12). Además, se presenta un deslizamiento rotacional activo con un área de 1.49 ha (evaluado en el informe técnico A7473 “Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores”) (Alcántara & León, 2024).



Figura 12. Peligros geológicos en el sector San Luis, Av. Tupac Amaru (arriba) y Jr. Junín (abajo): se delimitan los procesos de erosión en surcos (verde) y erosión en cárcavas (amarillo).

5.1. Erosión en surcos y cárcavas

Los terrenos o laderas susceptibles a erosión en surcos o cárcavas presentan fuerte a muy fuerte pendiente (15° a 45°), la vegetación es escasa. Se distingue varios sectores excavados para construcción de viviendas (figura 13).

Estos eventos afectan principalmente a la cimentación de viviendas, debilitando las paredes y comprometiendo la seguridad de los habitantes de las mismas; los pobladores vienen protegiendo sus viviendas de este proceso mediante la instalación de sacos terreros en los cimientos comprometidos (fotografía 2).



Figura 13. Parte alta del sector San Martín de Porres, donde se aprecia laderas afectadas por erosión en surcos (en verde) y erosión en cárcavas (en amarillo).



Fotografía 2. Erosión de los cimientos de viviendas en el sector San Martín de Porres.

Otros sectores susceptibles a erosión en surcos o cárcavas son las vías recientemente abiertas, debido a que no existen drenajes urbanos adecuados ni pavimentación definitiva de las mismas; afectan la transitabilidad de estas rutas en temporadas de lluvias intensas.

En la fotografía 3 se muestra al Jr. Belén, sector La Esperanza, afectado por erosión en cárcava generada por las lluvias intensas de febrero del 2024; caso similar que el Jr. Junín del sector San Luis (figura 14) donde se aprecia una marcada cárcava en formación, debido a la falta de medidas de control de riesgos.



Fotografía 3. Jr. Belén del sector La Esperanza afectado por erosión en cárcava durante febrero del 2024. Fuente: Municipalidad Provincial de Utcubamba.



Figura 14. Erosión en cárcava (en amarillo) y en surcos (en verde) en el Jr. Junín del sector San Luis.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Erosión de laderas (surcos y cárcavas).
- Estado: Inactivo – latente.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Moderado a lento (algunos centímetros al año, según reporte del COE local).
- Composición: Suelos proluviales muy sueltos, compuestos por limos de alta plasticidad (tabla 4); provenientes de la erosión de las calizas arenosas y lutitas calcáreas muy fracturados y altamente meteorizados de la Formación Celendín.

Morfometría

- Área: 71.6 ha (12.9 en San Martín de Porres, 42.1 en La Esperanza y 16.6 en San Luis).
- Profundidad de los surcos: 0.1 a 0.5 m.
- Longitud de los surcos: 10 a 50 m
- Profundidad de las cárcavas: 1 m a 3 m.
- Longitud de las cárcavas: 20 m a 200 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos sueltos de composición limo arcillosa de alta plasticidad; que cubren a calizas calcáreas y lutitas calcáreas, muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín.
- Laderas de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geoforma de ladera disectada en roca sedimentaria y piedemonte proluvial.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes urbanos adecuados.
- Falta de canalización de las quebradas.
- Deforestación de las laderas.
- Excavaciones de las laderas para viviendas y vías.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo, que alcanzaron los 79 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- Viviendas afectadas: 20
- Viviendas que pueden ser afectadas: 50
- Longitud de vías afectadas: 5 km

5.2. Flujos de detritos

En las partes bajas de las colinas de los sectores evaluados, los detritos acarreados por las escorrentías durante épocas de lluvias intensas convergen en quebradas sin canalizar, las mismas que tiene episodios de desborde que afectan a viviendas, vías y comprometen la seguridad y salud de los pobladores.

En la figura 15 se muestra la intersección de una quebrada sin canalizar con el sector urbano de San Martín de Porres, sector que es lugar de desbordes de la quebrada y que afecta a viviendas y vías locales.

En la figura 16 se aprecian viviendas que son afectadas por flujos de detritos en el Jr. César Vallejo, sector San Martín de Porres, estas viviendas muestran, además, una alta fragilidad física debido a las precarias estructuras que poseen (paredes y techos).



Figura 15. Quebrada sin canalizar que afecta al Jr. Cesar Vallejo del sector San Martín de Porres, se delimita la zona de flujo de detritos (en violeta) y de erosión de laderas (en verde).



Figura 16. Vivienda que es afectada por flujos de detritos en el sector San Martín de Porres durante los trabajos de campo (arriba) y en febrero del 2024 (abajo). Fuente: Municipalidad Provincial de Utcubamba.

De igual manera, los sectores La Esperanza (fotografía 4) y San Luis (fotografía 5) son afectados por flujos de detritos que desbordan los canales urbanos y acequias; debido a la colmatación de las mismas durante las épocas de lluvias intensas.



Fotografía 4. Quebrada que encausa flujos de detritos durante lluvias intensas y que cruza por una vía en el sector La Esperanza.



Fotografía 5. Acequias urbanas sin adecuado mantenimiento que son colmatadas por flujos de detritos en el Jr. Junín del sector San Luis.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Flujo de detritos
- Estado: Latente.
- Estilo: Múltiple.
- Velocidad: Muy rápido (varios metros por minuto, según reporte del COE local).
- Composición: Suelos proluviales muy sueltos, compuestos por limos de alta plasticidad (tabla 4); provenientes de la erosión de las calizas arenosas y lutitas calcáreas muy fracturados y altamente meteorizados de la Formación Celendín.

Morfometría

- Área: 3.5 ha (0.3 en San Martín de Porres, 2.2 en la Esperanza y 1 en San Luis).
- Altura máxima de los flujos de detritos: de 0.5 a 1.5 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por suelos sueltos de composición limo arcillosa de alta plasticidad; cubren a calizas calcáreas y lutitas calcáreas, muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Formación Celendín.
- Laderas de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geoforma de ladera disectada en roca sedimentaria y piedemonte proluvial.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes urbanos adecuados.
- Falta de canalización de las quebradas.
- Deforestación de las laderas.
- Excavaciones de las laderas para viviendas y vías.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo, que alcanzaron los 79 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- Viviendas afectadas: 10.
- Viviendas que pueden ser afectadas: 50
- 1 km de vías locales en peligro.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- a. Litológicamente, el basamento rocoso está compuesto por calizas arenosas, lutitas calcáreas y areniscas calcáreas de las formaciones Celendín y Chota miembro inferior; se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas y se tienen depósitos coluvio deluviales y proluviales.
- b. Los sectores evaluados, en la parte baja, abarcan terrazas antropizadas con terrenos de pendiente suave a llana ($<5^\circ$); en la parte media, laderas disectadas en roca sedimentaria con pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°); mientras que la parte alta son de pendiente de moderada a fuerte (5° a 25°).
- c. Los procesos de erosión de laderas (en surcos y cárcavas) cartografiados en el área abarcan 71.6 ha y afectan 20 viviendas y 5 km de vías; las cárcavas presentan profundidades de 2 m y longitud hasta 200 m, mientras que los surcos tienen profundidades de hasta 0.5 m y longitudes que alcanzan 50 m.
- d. En las partes bajas, las escorrentías forman flujos de detritos que discurren en quebradas, acequias y drenajes urbanos inadecuados; los mismos que pueden desbordar y afectar a 10 viviendas y 1km de vías locales.
- e. El factor detonante corresponde las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que pueden superar los 70 mm/día, según los registros de la estación meteorológica El Pintor.
- f. Como factores antrópicos se tienen:
 - Ausencia de drenajes urbanos adecuados.
 - Deforestación de las laderas.
 - Excavaciones de las laderas para viviendas y vías.
- g. De acuerdo al análisis en el área de impacto por movimientos en masa y erosión de laderas en los sectores de San Martín de Porres, La Esperanza y San Luis, Distrito Bagua Grande, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera de **Peligro Alto a Muy Alto**.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a erosión de laderas y 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) 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).
- b) 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 del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros del Perú, 2021).
- c) 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 erosión de laderas y flujos de detritos

- a) Definir las zonas de muy alto riesgo no mitigable donde se deberá prohibir el asentamiento de viviendas. Esto se deberá realizar con la elaboración de un EVAR.
- b) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.
- c) Canalización definitiva de las quebradas.
- d) Construcción de un sistema de drenaje urbano impermeabilizado.
- e) Construcción de la red de desagüe adecuado, que derive las aguas urbanas a terrenos alejados de los sectores con pendiente fuerte a muy fuerte.
- f) Pavimentar las vías ubicadas en laderas de pendiente fuerte, a fin de evitar la erosión por escorrentías superficiales.
- g) Realizar un drenaje pluvial en la zona urbana.



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



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

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, E. R., & León, L. M. (2024). *Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en los sectores de San Luis Alto y Los Libertadores, distrito Bagua Grande, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Ingemmet. Informe Técnico N° A7473*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/4962>
- Chacaltana, C., Valdivia, W., Peña, D., & Rodríguez, R. (2011). *Geología de los cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, Hojas 11-g y 12-g, escala 1:50,000. Ingemmet. Boletín N° 142 Serie A*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/104>
- 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/>
- 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.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Medina, L., Vilchez, M., & Dueñas, S. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/244>
- 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>
- Sánchez, A. (1995). *Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leymebamba y Bolívar. Ingemmet Boletín N° 56 Serie A*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/178>
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.

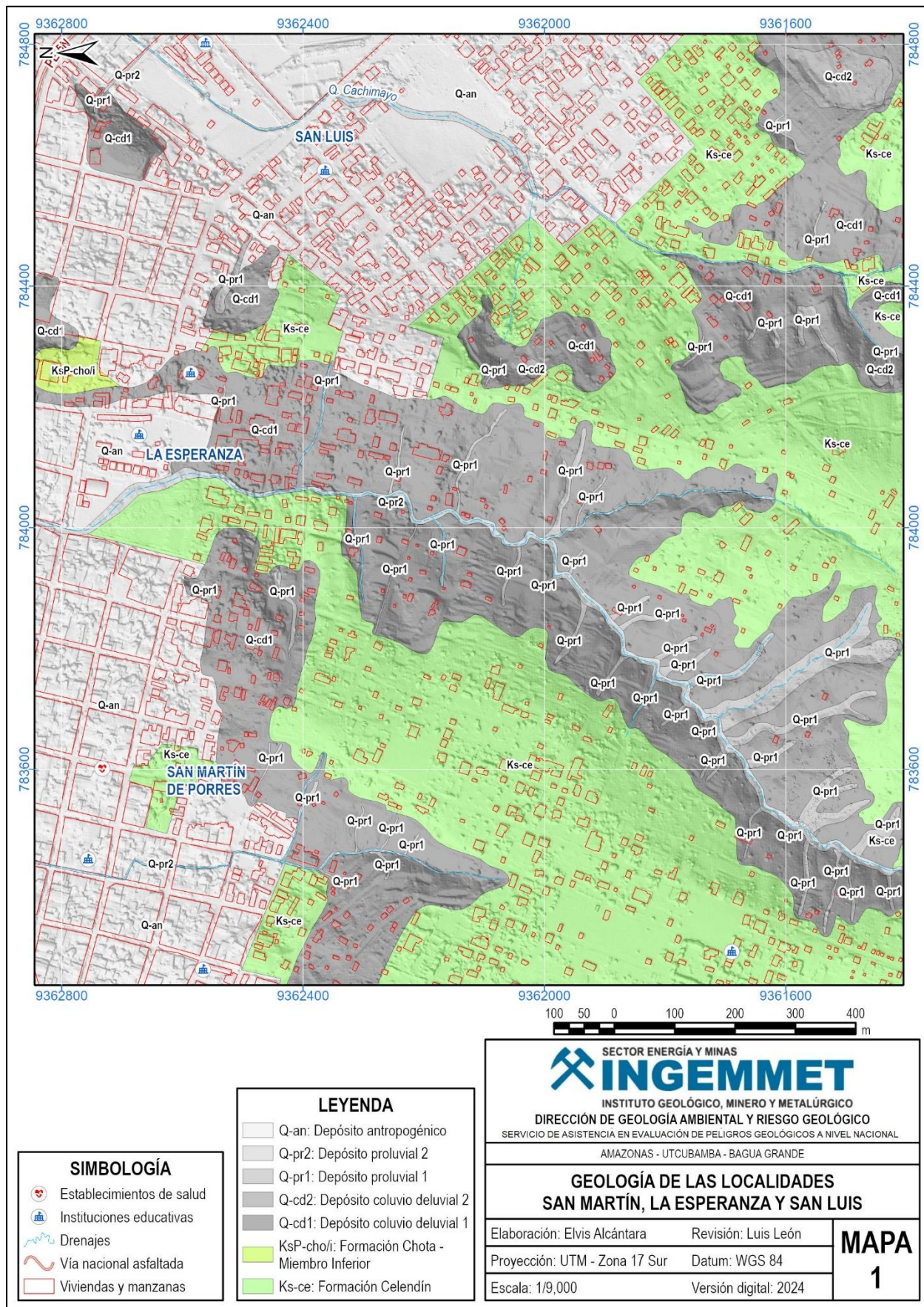
Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

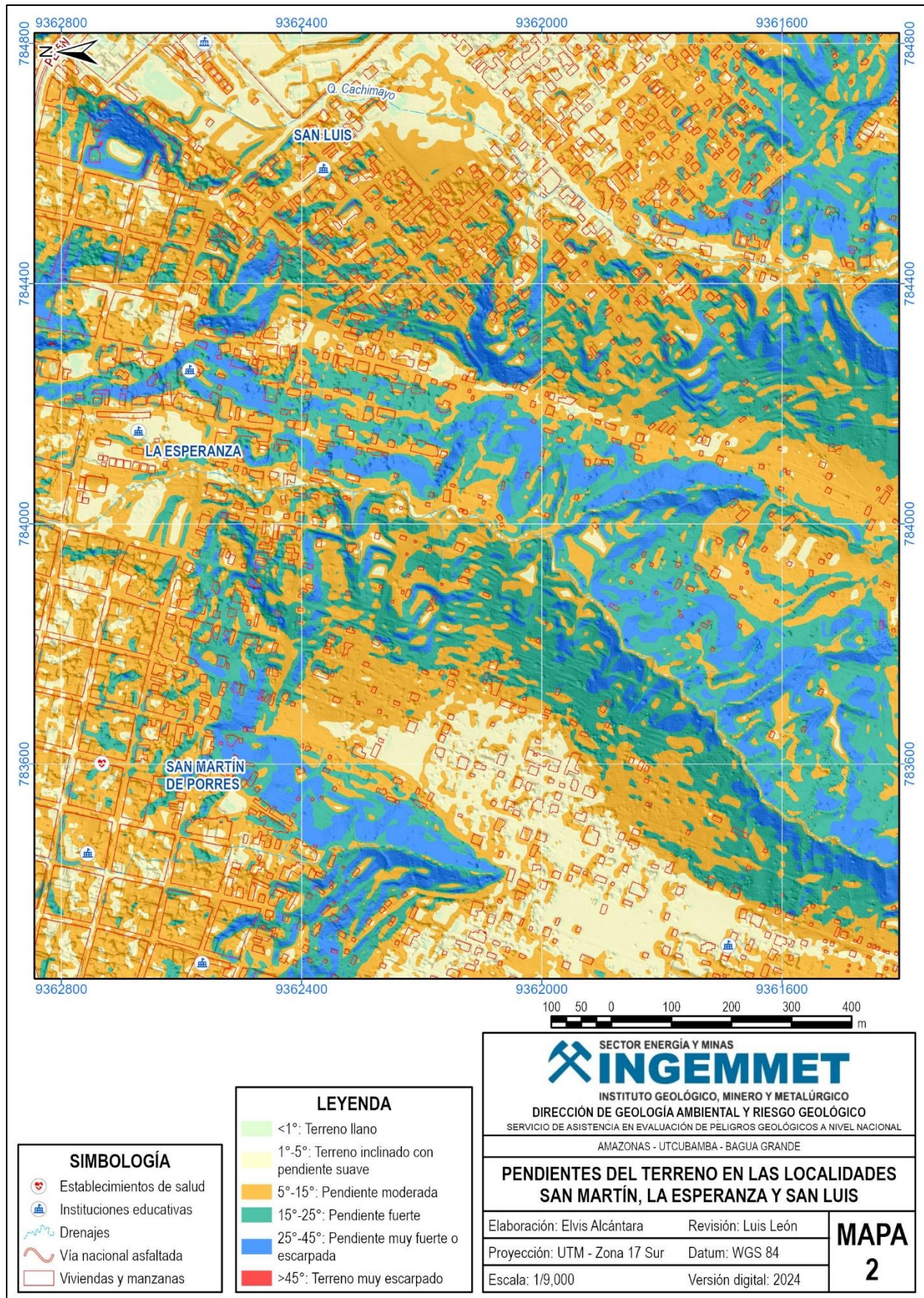
Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.

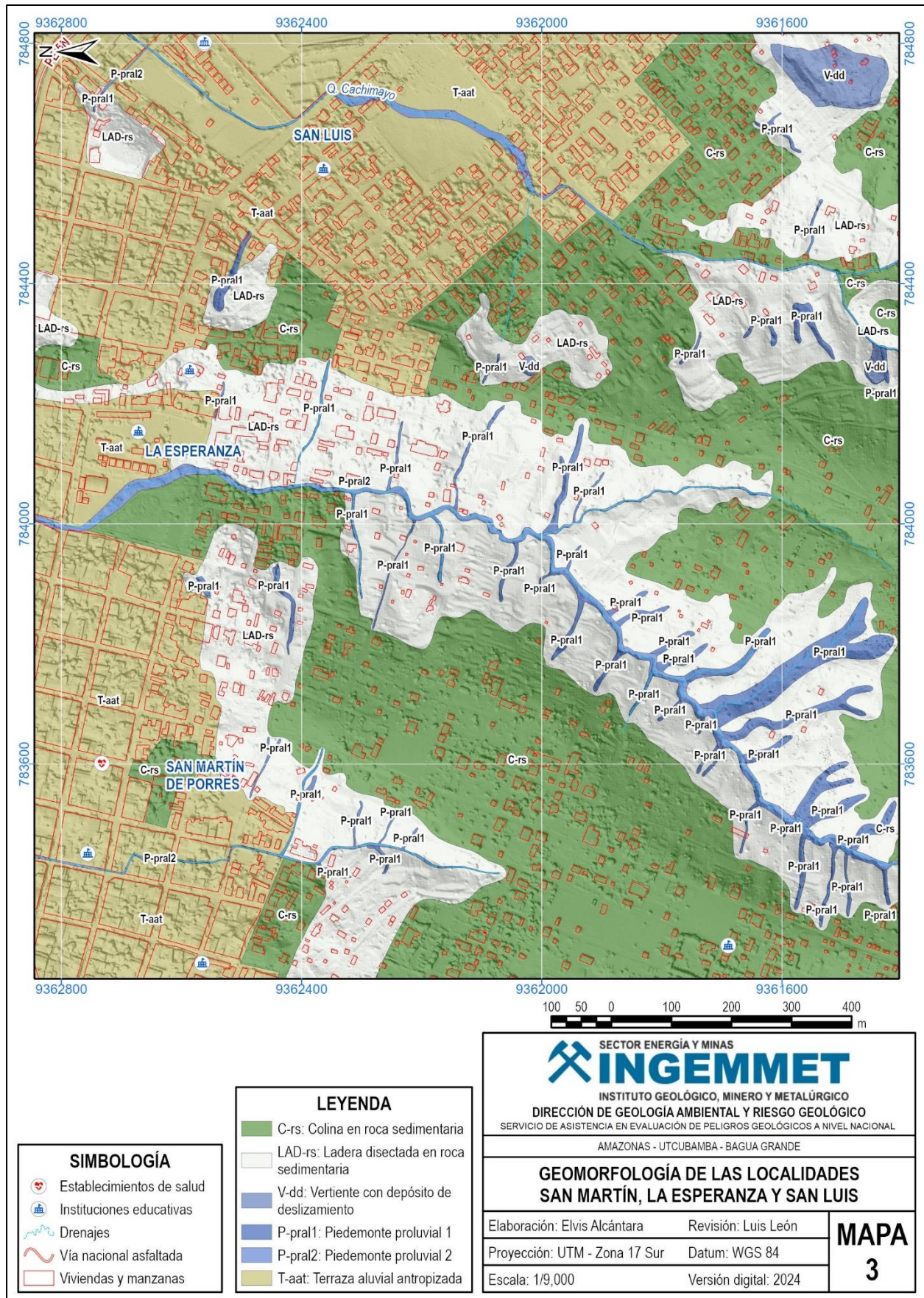
Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. *In Special Report 176: Landslides: Analysis and control* (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), *Transportation and Road research board*, 9–33.

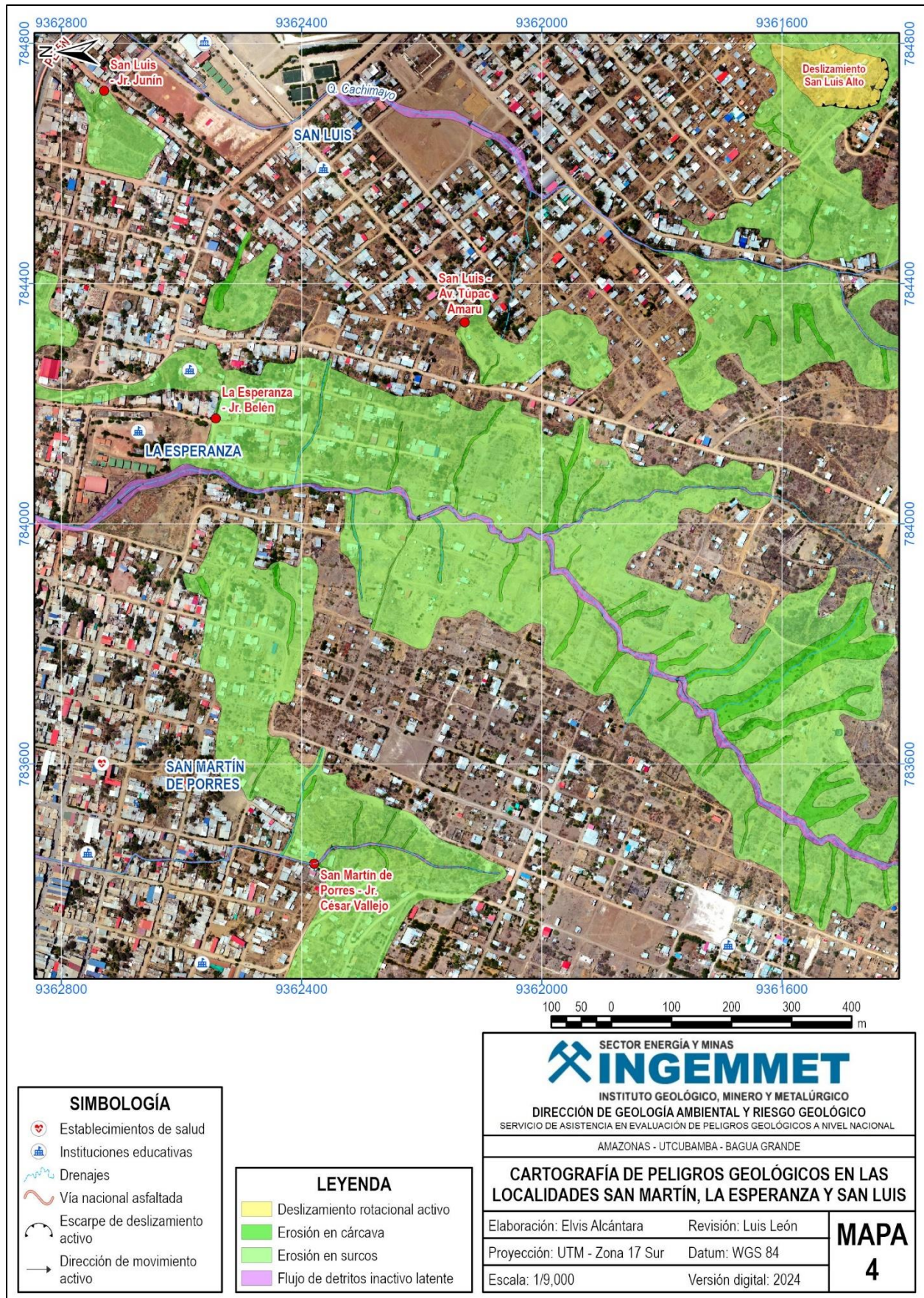
Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para erosión de laderas y flujos de detritos

Para la mitigación de peligros geológicos identificados, 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, 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 de los movimientos en masa (figura 17). 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.

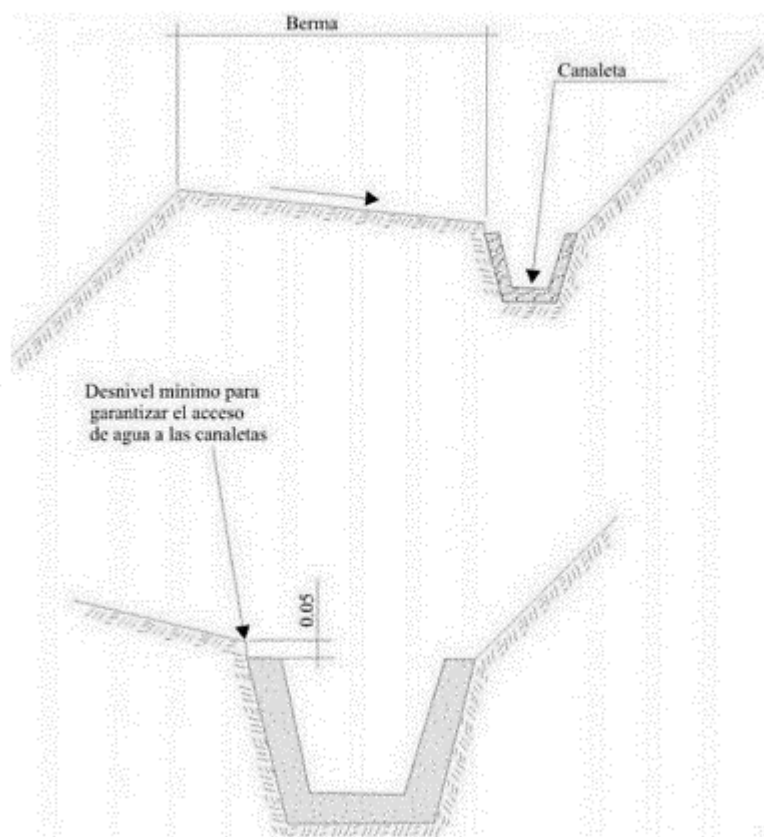


Figura 17. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).