

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7448

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD EL TRIUNFO

Departamento Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



NOVIEMBRE
2023

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD EL TRIUNFO

Distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas

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

Equipo de investigación:

*Luis Miguel León Ordáz
Elvis Rubén Alcántara Quispe
Cristhian Anderson Chiroque Herrera*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del Peligro Geológico por movimientos en masa en la localidad El Triunfo, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7448, 36 p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Formación Chota (Pe-cho/s)	10
3.1.2. Formación Chota (Pe-cho/i)	10
3.1.5. Formación Celendín (Ks-ce).....	11
3.1.6. Formación Chúlec (Ki-chu).....	11
3.1.7. Depósitos cuaternarios.....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	13
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
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
5.1. Movimiento complejo	19
5.1.1. Análisis longitudinal del perfil A-A'	21
5.1.2. Características visuales y morfométricas del movimiento complejo.....	23
5.2. Flujo de detritos	25
5.3. Deslizamientos.....	26
5.3. Derrumbes	27
6. CONCLUSIONES.....	28
7. RECOMENDACIONES.....	29
8. BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1. MAPAS.....	31
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	35

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente documento es el resultado de la evaluación del peligro geológico por movimientos en masa en la localidad El Triunfo, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.

En el contexto litológico el área se ubica sobre rocas sedimentarias de las Formaciones Chota miembro inferior y superior, medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas, y depósitos cuaternarios de origen coluvio- deluvial, conformados por arcillas limo y arenas de mediana a alta plasticidad.

Se identificó un movimiento complejo tipo deslizamiento – flujo, sobre terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente. Presentan un área de 45.7 hectáreas y 5 8 5 0 0 m³ de volumen desplazado.

Los eventos han afectado terrenos de cultivos de arroz, 09 viviendas y 421 m de la vía vecinal afirmada AM-568, que conduce de Puerto Naranjitos a la localidad El Triunfo.

El factor detonante para la generación de los deslizamientos fueron los terrenos ocupados por cultivos de arroz, con riego permanente por inundación.

Las áreas de impacto por movimiento complejo, cartografiadas la localidad El Triunfo, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se considera como **Zona Crítica de Peligro Muy Alto** ante movimientos en masa.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como la construcción de drenes de coronación, reforestar las laderas, prohibir el riego por inundación, monitorear la actividad del movimiento complejo y los movimientos de su entorno, instalar un sistema de alerta temprana, capacitar a la población en GRD y elaborar una evaluación de riesgos EVAR, para determinar las medidas de control recomendadas.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud remitida por INDECI - AMAZONAS, Oficio N° D000075-2023-INDECI-AMAZONAS, es en el marco de nuestras competencias que se realizó una evaluación de peligros en la localidad El Triunfo, ante la ocurrencia de movimientos en masa.

La DGAR del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz, Elvis Rubén Alcántara Quispe y Cristhian Anderson Chiroque Herrera, para realizar la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 13 de junio del 2023.

La evaluación técnica se realizó en 03 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; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda 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 a consideración de la Oficina de Defensa Civil del 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en la localidad El Triunfo, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Boletín N° 142 Serie A, Geología de los Cuadrángulos Aramango y Bagua Grande Chacaltana C. et al, 2011), donde se describe la geología a una escala 1:50 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen afloramientos de origen sedimentarios y depósitos recientes.
- En Boletín N° 39, Serie C, Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina L. et al, 2009), el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde la localidad El Triunfo, se sitúa en terrenos con susceptibilidad de alta a muy alta ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la localidad de El Triunfo, jurisdicción del distrito de Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el tabla 1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	807500	9358450	-5.797293	-78.223534
2	807500	9356200	-5.817624	-78.223434
3	805075	9356200	-5.817731	-78.245316
4	805075	9358450	-5.797400	-78.245415
Coordenada central de los peligros identificados				
Coordenada Central	806655	9357261	-5.808073	-78.231102

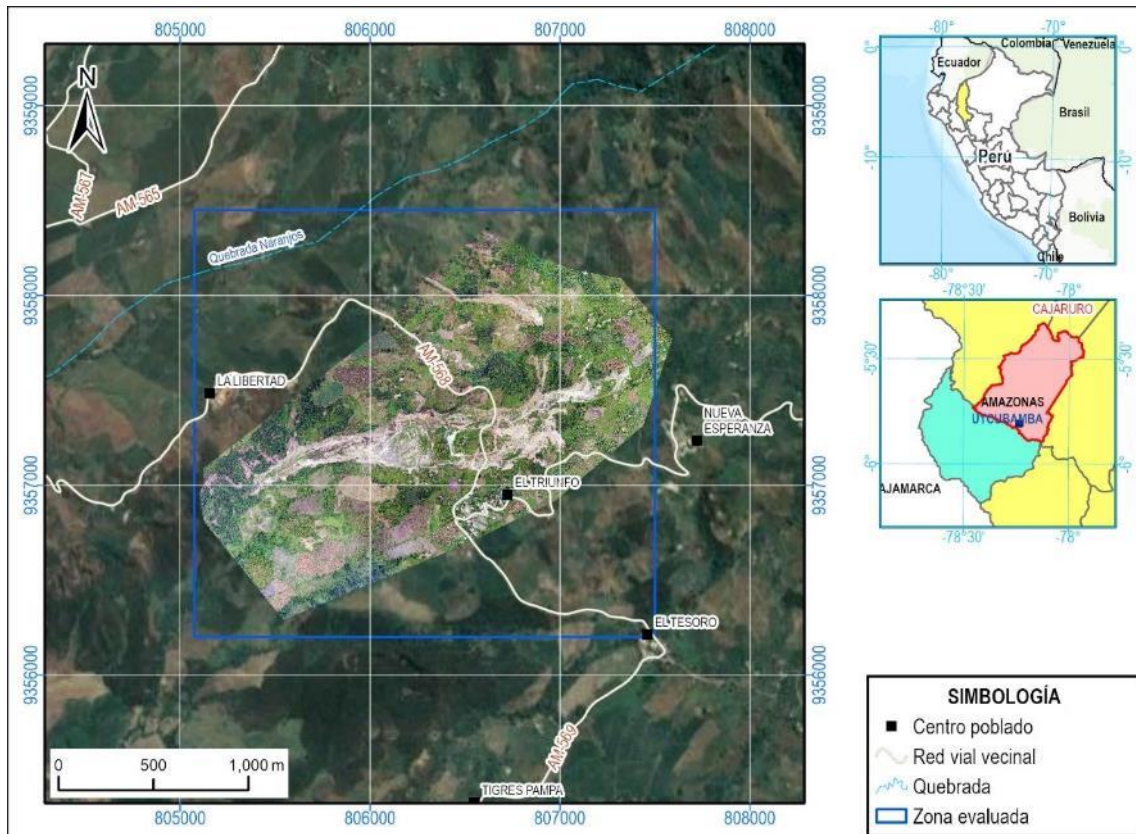


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.2. 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 El Triunfo, tiene una población de 200 habitantes, distribuidos en 40 viviendas, con acceso a energía eléctrica pero no a agua por red pública ni desagüe.

Tabla 2. Datos de la localidad El Triunfo.

Descripción	El Triunfo – INEI
Código de Ubigeo y Centro Poblado	0107020125
Longitud	-78.2304766667
Latitud	-5.81088500000
Altitud	943.8
Población	200
Viviendas	40
Agua Por Red Publica	no
Energía eléctrica en la vivienda	si
Desagüe por red publica	no
Institución Educativa Primaria	si
Institución Educativa Secundaria	no
Establecimiento de salud	no
Idioma o Lengua hablada con mayor frecuencia	Castellano

1.3.3. Accesibilidad

La principal ruta de acceso desde la ciudad de la ciudad Cajamarca, hasta la localidad El Triunfo se realiza a través de las vías nacionales, detallada en la siguiente ruta (tabla 3):

Tabla 3. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Jaén	Asfaltada y afirmada	324	7 horas 42 minutos
Jaén – Bagua Grande – El Triunfo	Asfaltada y afirmada	105	2 horas 10 minutos

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. Templado. (C (r) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 700 a 2 000 mm.

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, 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.

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 interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

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

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

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

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

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 relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden & Varnes, 1996).

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.

Reactivado: Movimiento en masa que presenta alguna actividad después de haber permanecido estable o sin movimiento por algún periodo de tiempo.

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.

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

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 142 Serie A, Geología de los Cuadrángulos Aramango y Bagua Grande Chacaltana C. et al, 2011), donde se describe la geología a una escala 1:50000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen conglomerados, areniscas de grano grueso, con intercalación de lutitas y limolitas rojas.; los cuales se complementaron con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Corresponden a rocas sedimentarias; además de depósitos recientes:

3.1.1. Formación Chota (Pe-cho/s)

Conformado por lutitas calcáreas de color rojo a morado, intercaladas con delgadas capas de areniscas de grano fino color gris a verdes.

3.1.2. Formación Chota (Pe-cho/i)

Conformado por areniscas intercaladas con lutitas, margas y limolitas rojas, además de microconglomerados. Conglomerados y areniscas conglomerádicas. En el sector evaluado el afloramiento se encuentra medianamente fracturada y moderadamente meteorizada (Fotografía 1).



Fotografía 1. Areniscas de grano medio a grueso de la formación Chota.

Coordenadas: E: 806661, N: 9357412.

3.1.5. Formación Celendín (Ks-ce)

Conformado por lutitas y limolitas grises verdes, a veces se encuentran abigarradas, con intercalaciones de caliza delgada grises.

3.1.6. Formación Chúlec (Ki-chu)

La Formación Chúlec está conformada por lutitas, margas y calizas bien estratificadas, todas de origen marino.

3.1.7. Depósitos cuaternarios

Depósito Coluvio Deluvial (Q-cd)

Corresponde a suelos originados por los diversos movimientos en masa originados en la zona evaluada, su granulometría corresponde bloques y gravas en una matriz de limo arcillas de mediana plasticidad, (fotografía 2, tabla 3).

Tabla 4. DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

				TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre		
					<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino		
					<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico		
					<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico		
					<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial		
					<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral		
					<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar		

GRANULOMETRÍA %	FORMA	REDONDES	PLASTICIDAD
<input type="text" value="7"/> Bolos	<input checked="" type="checkbox"/> Esférica	<input type="checkbox"/> Redondeado	<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input type="text" value="8"/> Cantos	<input type="checkbox"/> Discoidal	<input type="checkbox"/> Subredondeado	<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="text" value="15"/> Gravas	<input type="checkbox"/> Laminar	<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso	<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="text" value="10"/> Gránulos	<input type="checkbox"/> Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/> Subanguloso	<input type="checkbox"/> No plástico
<input type="text" value="10"/> Arenas			
<input type="text" value="30"/> Limos			
<input type="text" value="20"/> Arcillas			

<input checked="" type="checkbox"/> Masiva	<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso	<input type="checkbox"/> Materia Orgánica	<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="checkbox"/> Estructificada	<input type="checkbox"/> Arenoso	<input checked="" type="checkbox"/> Carbonatos	<input type="checkbox"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Lenticular	<input type="checkbox"/> Aspero	<input type="checkbox"/> Sulfatos	<input type="checkbox"/> Matamórficos
			<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas

- Blanda
- Compacta
- Dura

Arenas

- Suelta
- Densa
- Muy Densa

SUELOS GRUESOS

Gravas

- Suelta
- Med. Consolidada
- Consolidada
- Muy Consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

- GW
- GP
- GM
- SM
- GC
- SW
- SP
- SC

SUELOS FINOS

- ML
- CL
- OL
- MH
- CH
- OH
- PT



Fotografía 2. Depósito coluvio deluvial, originado por el movimiento complejo.
 Coordenadas: E: 806661, N: 9357412.

Depósito Coluvial (Q-cl)

son producto de deslizamientos ubicados generalmente en las partes bajas de las laderas de alta pendiente. Están compuestos por bloques y gravas no consolidados de origen sedimentario, angulosos, heterométricos, rellenas por una matriz limo arcillosa, se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa.

Depósito proluvial (Q-pr)

Están conformados por fragmentos rocosos heterométricos (gravas y bloques), con relleno limo arcilloso depositado en el fondo de quebradas activadas de manera temporal.

Depósito Fluvial (Q-fl)

Consisten de acumulaciones aluviales (recientes), desarrolladas por las descargas de aguas del río Naranjos. Litológicamente están constituidas por materiales sueltos de gravas, arenas, limos, arcillas, que conforman el lecho actual del río.

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 de detalle 0.5 m de fuente Alos Palsar, obtenidos de vuelos fotogramétricos de junio del 2023, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1/14000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La localidad El Triunfo presenta elevaciones desde los 610 m hasta los 1 111 m, en los cuales se distinguen 7 niveles altitudinales (Figura 2), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; las áreas con mayor pendiente corresponden a terrenos entre altitudes 650 a 700 m y 800 a 950 m, con pendiente promedio de fuerte a terrenos muy escarpados (15° a $>45^\circ$) correspondiente a depósitos coluvio deluviales y geformas de vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento.

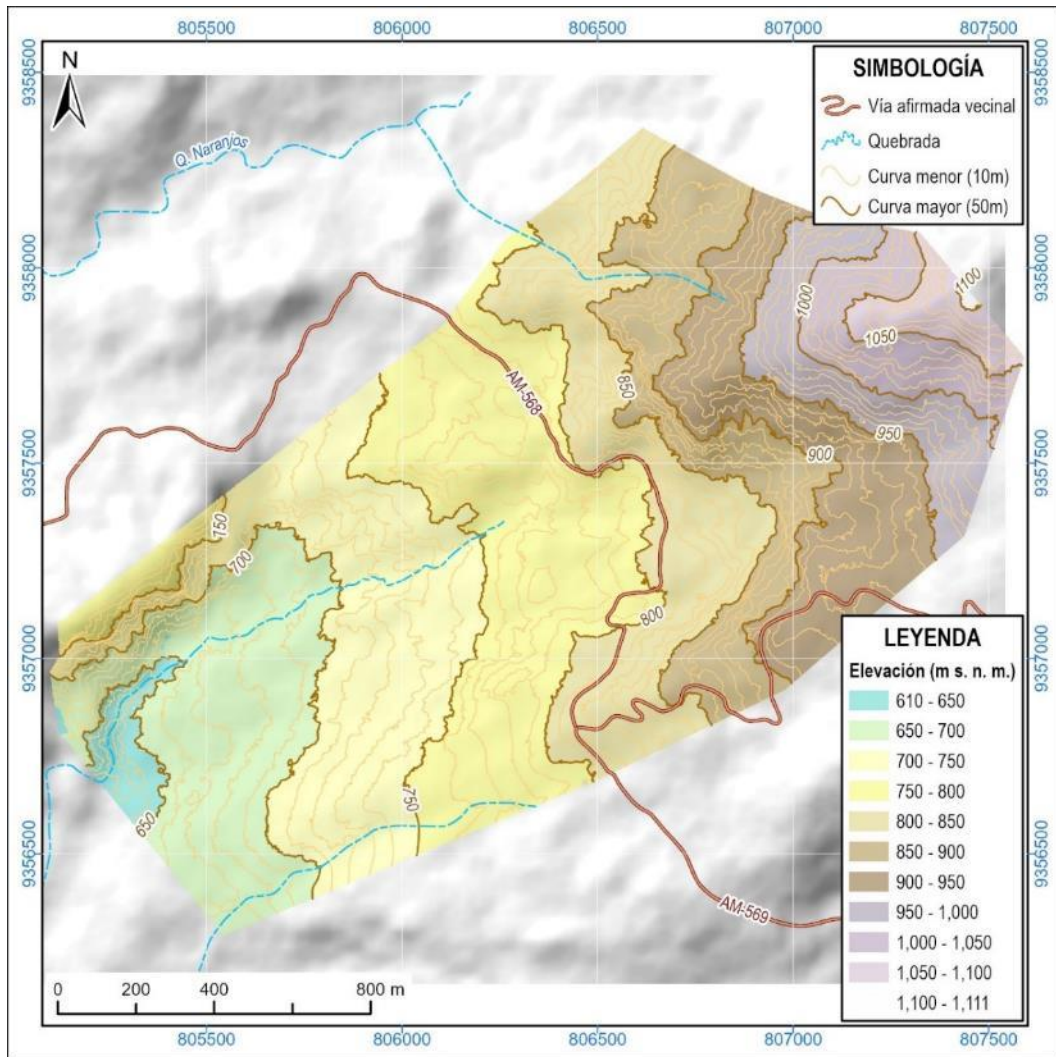


Figura 2. Modelo digital de elevaciones del sector evaluado.

4.2. Pendiente del terreno

La zona evaluada, en la Localidad El Triunfo presenta terrenos con pendientes que varían de moderadas (5° a 15°) en los sectores donde se han asentado viviendas e infraestructuras públicas, a pendientes fuertes y terrenos muy escarpados (15° a $>45^\circ$) en los terrenos con geformas de montaña en roca sedimentaria, vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento, donde se han generado movimientos en masa (Figura 3; mapa 2).

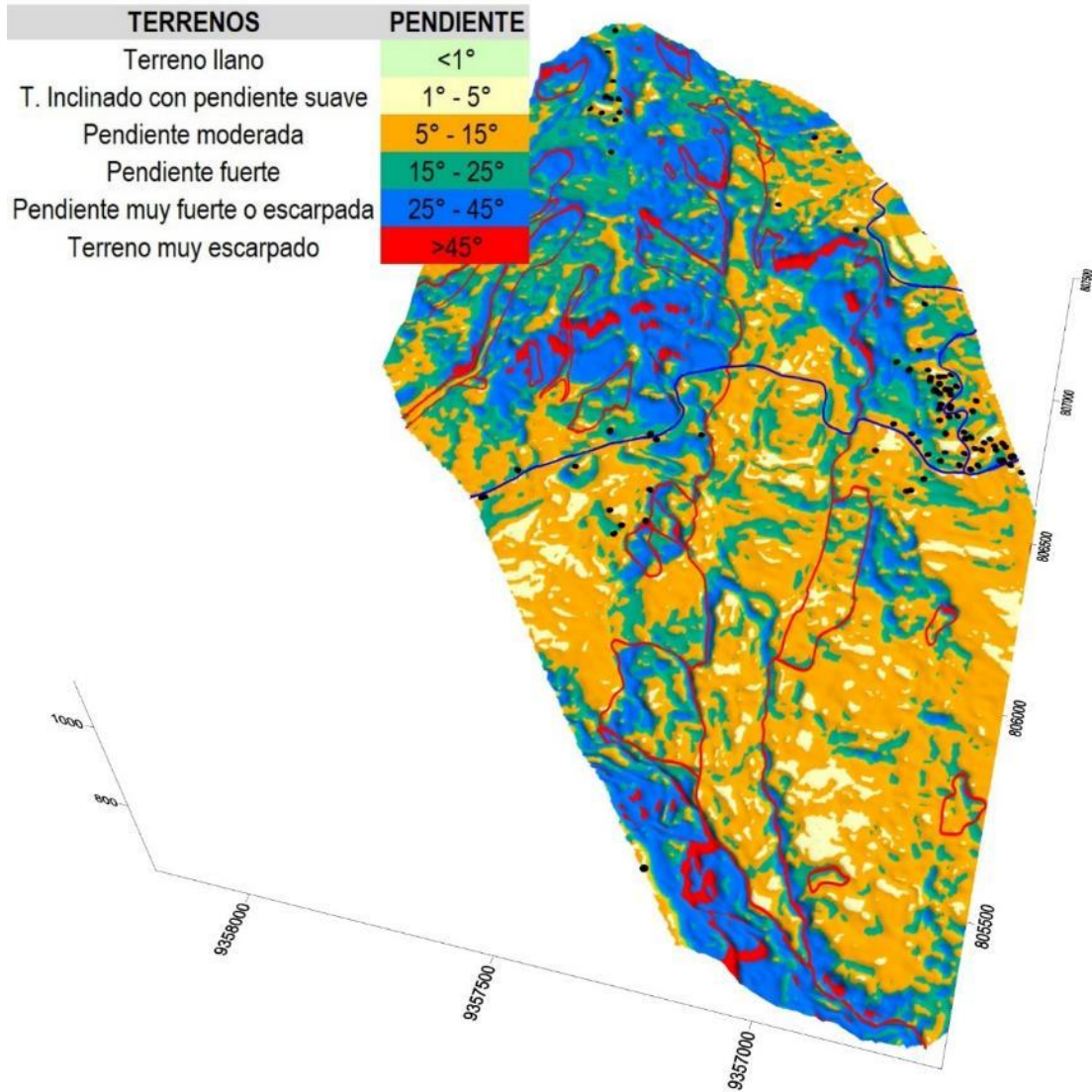


Figura 3. Modelo 3D de las pendientes de la localidad El Triunfo; los movimientos activos están delimitados en línea roja, la vía vecinal afirmada representada en línea azul, las viviendas con puntos azul oscuro.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca sedimentaria: M-rs), y de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial: V-cd, vertiente con depósito de deslizamiento: V-dd, vertiente coluvial de detritos: V-d, piedemonte proluvial: P-pral, llanura o planicie inundable: Pl-i); se grafican en el mapa 3.

4.3.1. Geoformas 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 montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30 % (Villota, 2005).

- **Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)**

Corresponden a los terrenos con pendiente de fuerte a muy fuerte a escarpada (15° a >45°) que abarcan los alrededores de la localidad de El Triunfo; estos terrenos están cubiertos por terrenos de cultivo, debido a la presencia de una capa de suelos residuales y la abundante humedad durante todo el año de la zona.

4.3.2. Geoformas 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 piedemonte o vertiente coluvio deluvial (V-cd)**

Esta unidad se encuentra depositada al pie de las laderas de montañas o acantilados (Vílchez et al., 2019). Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlas como unidades individuales:

Geodinámicamente, este tipo de depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos.

En el sector evaluado los terrenos presentan pendientes de moderada a fuerte (5° a 25°), producto de la acumulación de suelos transportados por movimientos en masa.

Se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales y fluvio-gravitacionales), presenta una pendiente moderada (5°-15°).

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

Son acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido.

En la localidad El Triunfo esta sub unidad presenta terrenos cóncavos con pendientes de fuerte a muy fuerte (15° a 45°), producto de la acumulación de suelos transportados por deslizamientos; su relieve es escalonado.

- **Subunidad de vertiente coluvial de detritos: V – d**

Son depósitos de bloque de rocas en la base de las laderas de montañas, bloques con la misma litología, se producen por caídas, vuelcos y meteorización física, los bloques más angulosos suelen depositarse en la base.

En la zona de estudio, se dan en laderas escarpadas. Se producen por efectos de la meteorización física de las rocas y fracturamiento tectónico que han sufrido.

- **Subunidad de piedemonte proluvial: P – pral**

Corresponden a planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de los sistemas montañosos, formado por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales y de carácter excepcional, en ocasiones a manera de flujos de detritos.

Depósito constituido por fragmentos heterométricos de formas angulosas subangulosas de naturaleza sedimentaria, dispuestos en forma caótica, inmersos en matriz limo arcillo arenosa.

- **Subunidad de llanura o planicie inundable: PI – i**

Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material gravo-arenoso con limos, no consolidado y removible con cada subida estacional de caudal del río. Estas áreas inundables son ocupadas por terrenos de cultivo, están sujetas a inundaciones fluviales periódicas y erosión fluvial en sus márgenes o terrazas bajas.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el sector evaluado identificamos un movimiento complejo tipo deslizamiento – flujo, deslizamientos, flujo de detritos y derrumbes, en orientación de la pendiente del terreno, en dirección este, ocurridos en el mes de abril 2023 (Figura 4); a 170 m de distancia ubicamos el área poblada de la localidad El Triunfo (Figura 5), y a 360 metros al noreste del movimiento ubicamos a la localidad Nueva Esperanza (Figura 6).



Figura 4. Modelo 3D de imagen aérea de la localidad El Triunfo; los movimientos activos están delimitados en línea roja, la vía vecinal afirmada representada en línea azul, las viviendas con puntos azul oscuro.



Figura 5. Localidad Nueva Esperanza, ubicada a 360 metros, al sureste del movimiento complejo.

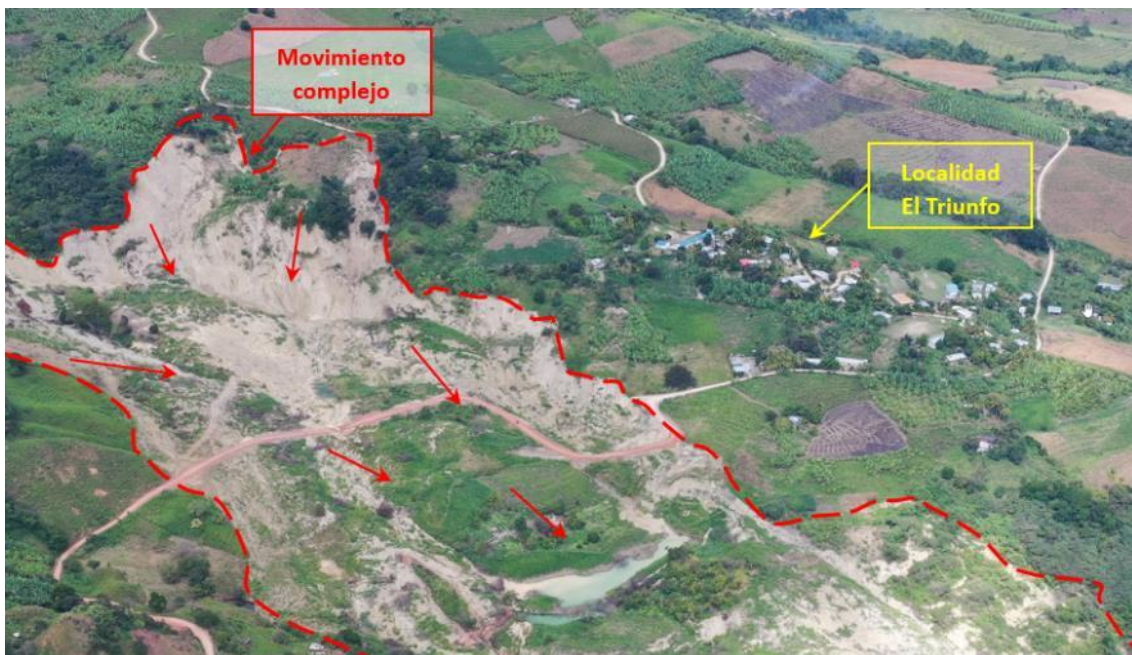


Figura 6. Localidad El Triunfo, ubicada a 170 metros, al este del movimiento complejo.

5.1. Movimiento complejo

Tiene un área de 45.7 hectáreas y un volumen aproximado de 58 500 m³, se ha desarrollado en terrenos con pendiente moderada a muy fuerte (5° a 45°); los materiales geológicos están compuestos por arenas, limos y arcillas, con escaso material orgánico, proveniente de la descomposición de plantas.

Los factores que influenciaron en la activación son:

- Depósito conformado por suelos limo arcillo arenosos, que permite la infiltración del agua, lo que conlleva a la saturación y aumento de peso de la masa inestable.
- Pendiente muy fuerte del terreno, que permite que la masa inestable se desplace cuesta abajo.
- Presencia de riego por inundación y permanente de los terrenos de cultivo de arroz, que permite que los suelos se saturen constantemente.
- Lluvias Intensas y prolongadas, que ayudan en la saturación del suelo.

El movimiento ha generado escarpes y agrietamientos en la parte alta del terreno, además de desplazamiento de un flujo ladera abajo que afectó 23 hectáreas de cultivos de arroz (Figura 7), se identificó 9 viviendas inhabitables (Figura 8) y 421 metros de vía vecinal afirmada afectados (Figura 9).



Figura 7. Terrenos con cultivos de arroz afectados por el movimiento complejo.
Coordenadas: E: 806719; N: 9357251.



Figura 8. Vivienda inhabitable, dentro del cuerpo del movimiento complejo.
Coordenadas: E: 806492, N: 9357224.



Figura 9. Vía vecinal afirmada (líneas rojas discontinuas), afectada en tramo de 410 metros.
Coordenadas: E: 806652, N: 9357383.

5.1.1. Análisis longitudinal del perfil A-A'

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 10) se aprecia la distribución de los materiales geológicos (Formación Chota miembro inferior, Formación Chúlec y depósitos de origen coluvio – deluvial, coluvial y proluvial) y la ubicación de la vía vecinal AM-568.

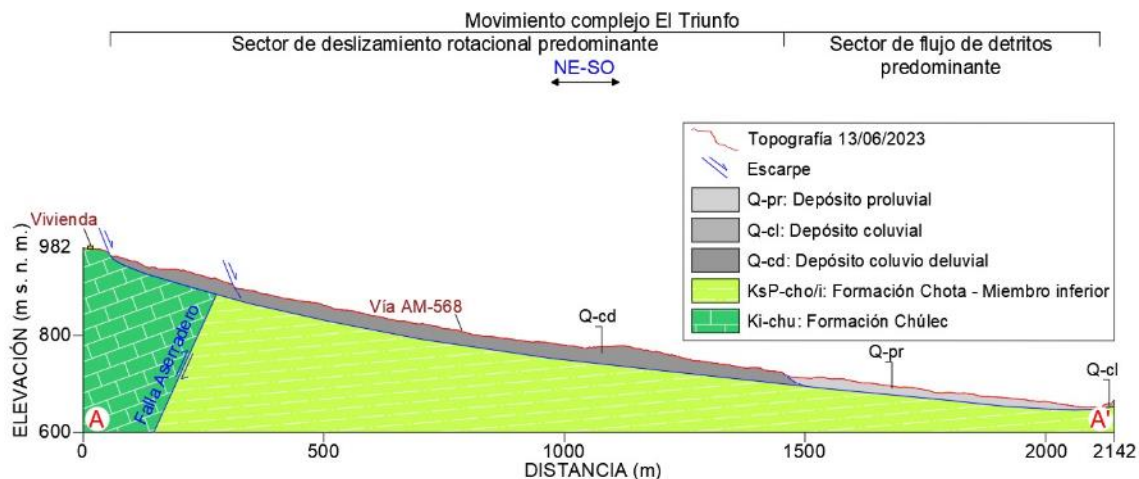


Figura 10. Perfil longitudinal A-A' que representa la distribución de los materiales geológicos, escarpes y elementos expuestos a daños.

En la figura 11 se muestran el escarpe principal en el movimiento complejo, con un salto de 6 m hasta los 50 m en el terreno.

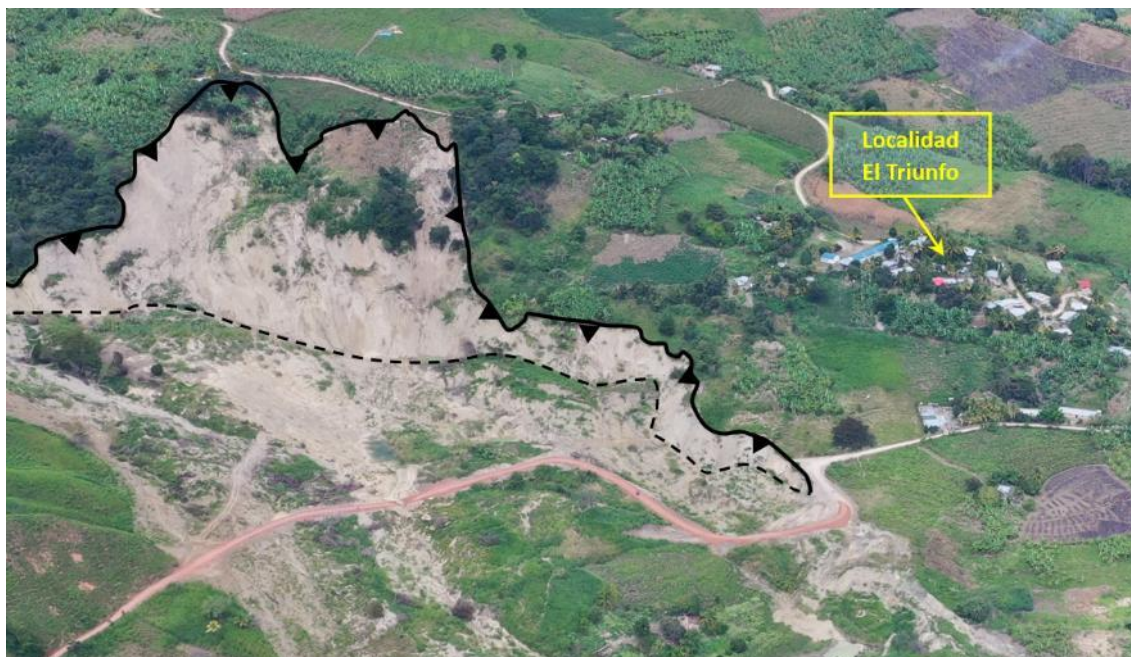


Figura 11. Vista de escarpe del movimiento complejo, el de mayor salto vertical ubicado a la izquierda (50 m).

Dentro del cuerpo del movimiento complejo se identificó, varias zonas con espejos de agua (Figura 12, 13 y 14), lo que nos indica que el terreno se encuentra muy saturado, debido al riego por inundación con agua permanente en los cultivos de arroz.



Figura 12. Vista de espejos de agua (línea celeste discontinua), en la parte media inferior, dentro del cuerpo del movimiento complejo, y vivienda afectada (línea amarilla continua).
Coordenadas: E: 806427, N: 9357227.



Figura 13. Vista de espejo de agua dentro del cuerpo de deslizamiento (línea celeste), indicador de terrenos saturados.

Coordenadas: E: 806681, N: 9357298.



Figura 14. Vista de varios puntos en la parte media superior, donde se identificó surgencia de agua (líneas celestes), dentro del movimiento complejo.

5.1.2. Características visuales y morfométricas del movimiento complejo

- Tipo de movimiento: Movimiento complejo.
- Estado: Activo.
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes).
- Deformación del terreno: Escalonado.
- La composición de los suelos coluvio deluviales de arcilla limo arenosa de mediana a alta plasticidad.

Morfometría del DRA1

- Área: 45.7 has.
- Perímetro: 6323 m.
- Volumen: 58 500 m³.
- Diferencia de alturas corona y pie del movimiento complejo: 370 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 2097 m.
- Dirección del movimiento: NE-SO
- Ancho de la superficie de falla: 345 m.
- Salto principal: 50 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto suelos arcillo limo arenoso de mediana a alta plasticidad de depósitos coluvio deluviales.
- Ladera de pendiente fuerte a muy fuerte (15° a 45°), que conforman geformas de vertientes con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a movimientos en masa.
- Ausencia de drenajes adecuados.
- Deforestación de vegetación nativa para ocupar los terrenos con cultivos agrícolas.

Factor detonante

- Riego permanente por inundación en cultivos de arroz (Figura 15).



Figura 15. Los sectores afectados por movimientos en masa (polígonos en líneas rojas), estaban ocupados por cultivos agrícolas con riego por inundación y con agua permanente como el cultivo de arroz, factor detonante del movimiento.

Fuente: Google Earth, 2020.

Daños ocasionados

- 23 hectáreas ha de terrenos de cultivos afectados.
- 9 viviendas afectadas.
- 421 metros de vía vecinal afirmada.

5.2. Flujo de detritos

Hacia el norte de la localidad El Triunfo se identificó cuatro flujos de detritos en dirección hacia la quebrada Naranjos, se observa material suelto, de origen calcáreo (Formación Chota), con formas subangulosas a subredondeadas por su escaso recorrido, los cuales tienen las siguientes dimensiones:

Fujo - 1:

- Longitud: 1084 m.
- Ancho: 65 m.

Fujo - 2:

- Longitud: 506 m.
- Ancho: 50 m.

Fujo - 3:

- Longitud: 340 m.
- Ancho: 15 m.

Fujo - 4:

- Longitud: 174 m.
- Ancho: 15 m.

En la parte superior de los flujos se han originado cárcavas que se han formado por la incisión de las laderas (Figura 16); si se presentan lluvias excepcionales e intensas, el flujo arrastrarían gran volumen de sólidos de material granular, lodo, gravas y bloques de diferentes tamaños, constituyendo una amenaza frecuente para las viviendas ubicadas en la parte baja, la seguridad de sus habitantes y vías de acceso (Figura 17).



Figura 16. En la parte superior del flujo de detritos se aprecia la formación de cárcavas por la incisión de la ladera.



Figura 17. Vista aérea de los flujos de detritos en dirección a la quebrada Naranjitos y viviendas expuestas en la parte baja del flujo de detritos.

5.3. Deslizamientos

En el sector evaluado se identificaron seis deslizamientos activos los cuales han afectado árboles, vegetación autóctona y cultivos agrícolas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 18 y 19), los cuales ocupan terrenos de pendiente muy fuerte (25° a 45°), sujetos a incrementar sus dimensiones si no se aplican medidas de control adecuadas; tres de estos movimientos van en dirección hacia el movimiento complejo, trasportando material al mismo.



Figura 18. Deslizamiento que afectó 3866 m^2 de cultivos agrícolas
Coordenadas: E: 807466, N: 9357743.



Figura 19. Deslizamiento que afectó 3.7 hectáreas, ocupadas con de cultivos agrícolas, pastos naturales y vegetación nativa.
Coordenadas: E: 806224, N: 9357060.

5.3. Derrumbes

En el sector evaluado se identificaron derrumbes activos los cuales afectaron vegetación nativa, y confluyen en dirección hacia el movimiento complejo, aportando material al mismo (Figura 20).




Figura 20. Derrumbe afectó 9.6 hectáreas, ocupadas con vegetación nativa.
Coordenadas: E: 805300, N: 9357014.

6. CONCLUSIONES

- a. La localidad El Triunfo está ubicada en terrenos de moderada a muy fuerte pendiente, conformando geformas de Montaña en roca sedimentaria de origen degradacional y erosional y vertientes coluvio deluviales, con depósito de deslizamiento, coluvial de detritos, piedemonte proluvial y llanura o planicie inundable, originado por la acumulación de suelos transportados por antiguos movimientos en masa.
- b. Litológicamente, el basamento rocoso de areniscas intercaladas con lutitas, margas y limolitas rojas, de la Formación Chota, se encuentra medianamente fracturada y moderadamente meteorizada.
- c. Se ha cartografiado un movimiento complejo activo, en forma de deslizamientos rotacionales, derrumbes y flujos de detritos, con un área de 45.7 hectáreas, con y volumen de 58 500 m³, respectivamente. Los eventos muestran escarpes con saltos hasta 50 m. El movimiento se encuentra entre 630 y 990 m, al norte de la localidad El Triunfo. La zona afectada involucra terrenos de cultivos, árboles nativos del lugar y viviendas.
- d. Los factores que han influenciado en la reactivación del deslizamiento son: terrenos de fuerte a muy fuerte pendiente, presencia de depósitos arcillo limo arenosos, saturados con aumento de peso, terrenos deforestados que permite la filtración de agua. El factor detonante fueron los terrenos ocupados por cultivos de arroz, con riego permanente por inundación.
- e. Alrededor del movimiento complejo se identificó movimientos como, derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos, es necesario implementar medidas de mitigación para evitar su incremento y posible afectación de las viviendas y terrenos de cultivos y área poblada de la localidad El Triunfo, Nueva Esperanza y la vía vecinal.
- f. Por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, en la localidad El Triunfo se considera como **Zonas Críticas de Peligro Muy Alto** ante movimientos en masa.

7. RECOMENDACIONES

- a) Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de los terrenos afectados por el movimiento complejo (Anexo 2A – **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Con la finalidad que no continúe con su avance.
- b) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con la finalidad de mejorar la estabilidad del terreno.
- c) Prohibir el riego permanente y por inundación en los terrenos aledaños a movimientos en masa. Esto permitirá que el terreno no se sature, por lo tanto, su estabilidad mejorara.
- d) Capacitar a la población en Gestión del Riesgo de Desastres.
- e) Elaborar una evaluación de riesgos EVAR ante el movimiento complejo, para determinar las viviendas con riesgo alto y muy alto que deberían ser reubicadas, de ser el caso; además de medidas de control de riesgos adicionales.



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

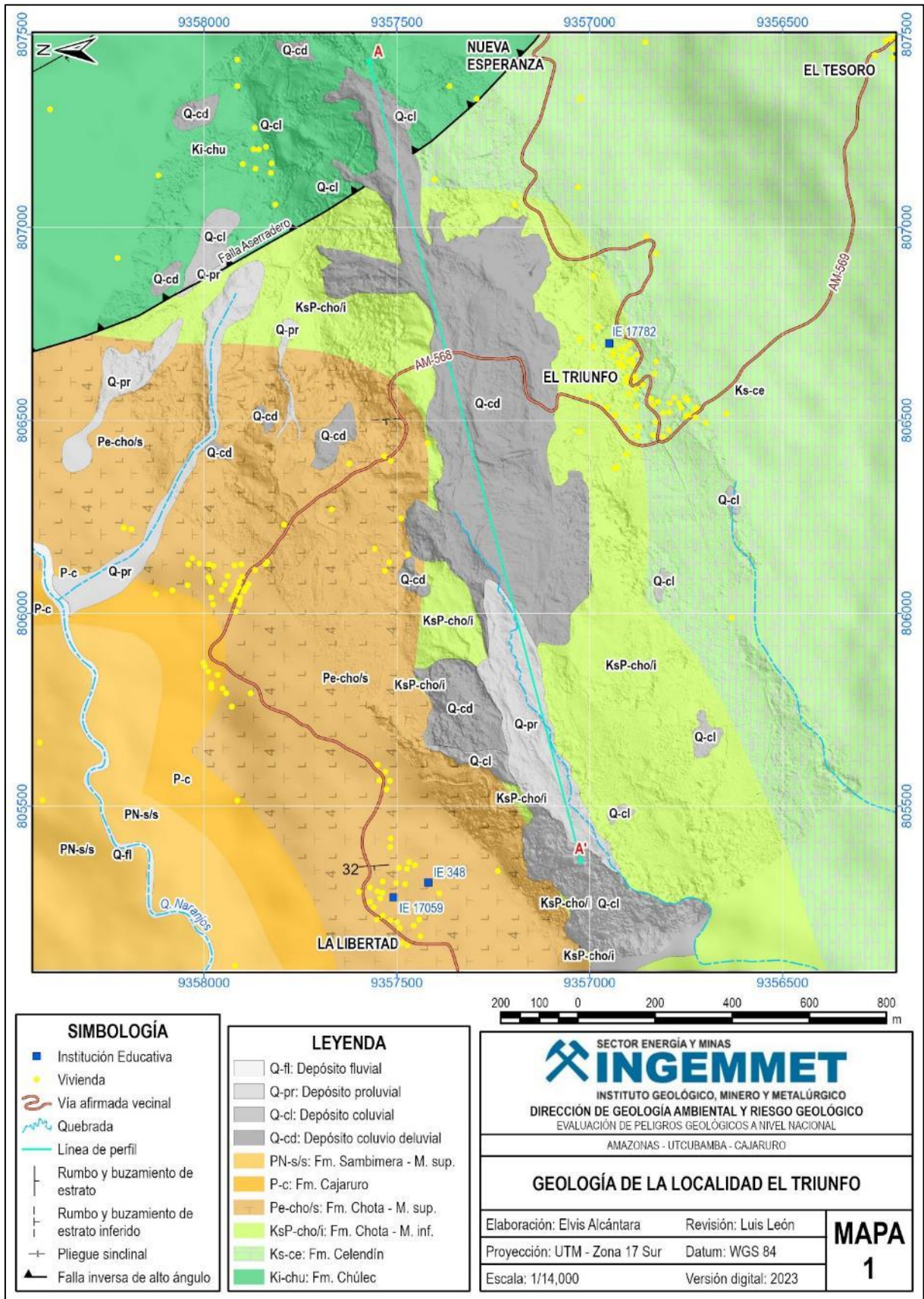


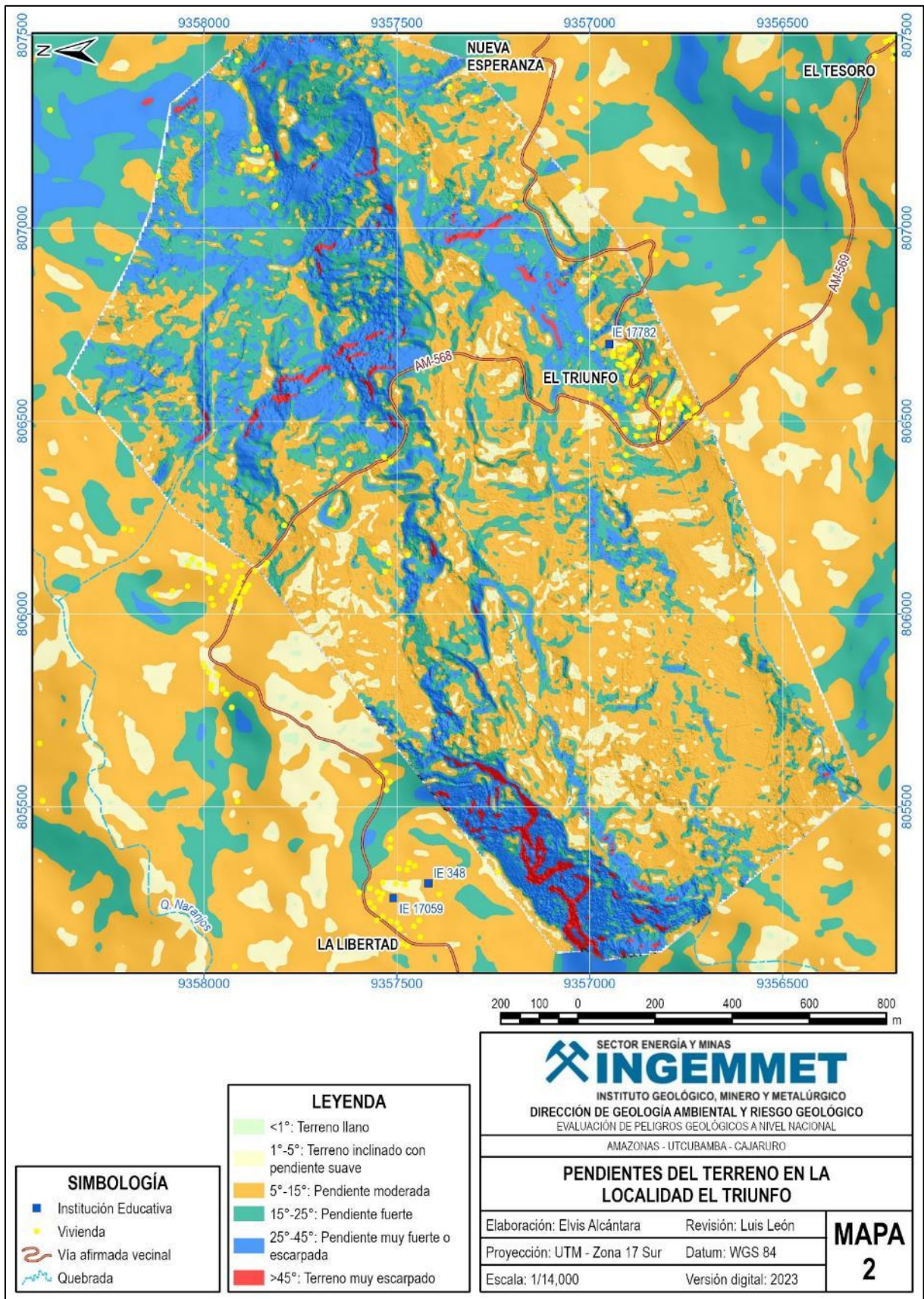
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

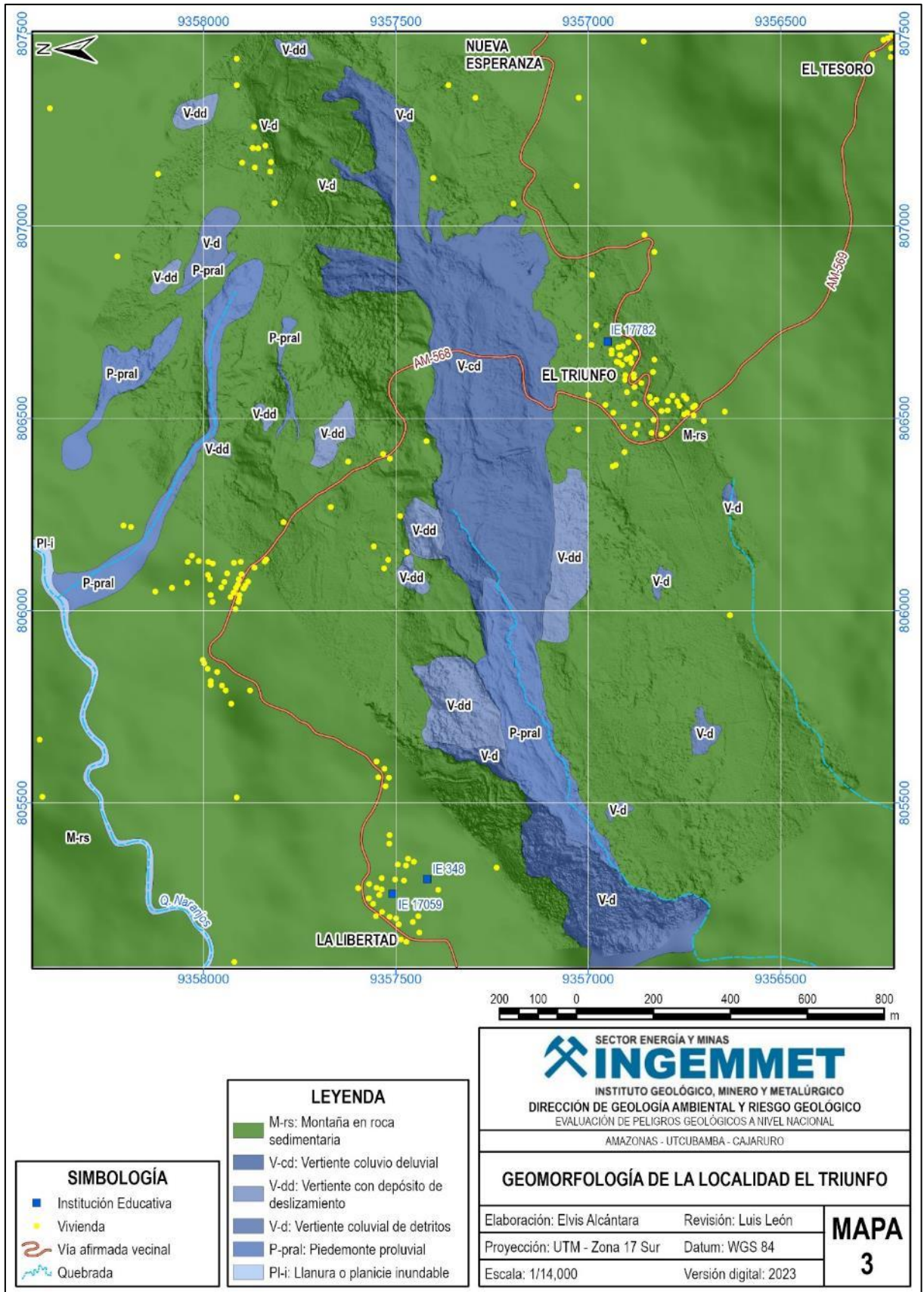
8. BIBLIOGRAFÍA

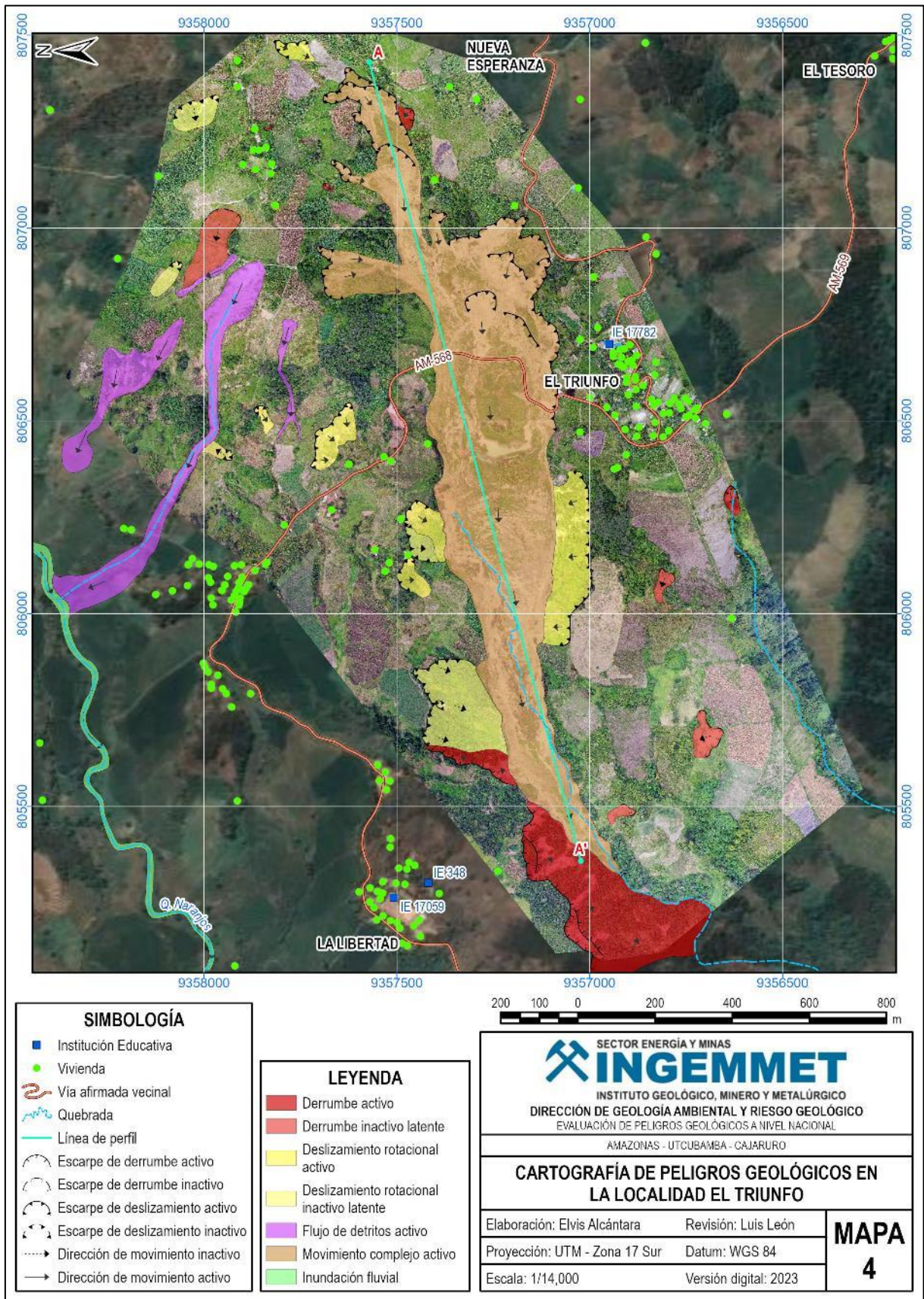
- Chacaltana C. et al. (2011), *Geología de los Cuadrángulos Aramango y Bagua Grande, Boletín N° 142, serie A.*
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report, 247, 36–75.*
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. 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
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021.* <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (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.
- 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.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Medina, L. et al. (2009). *Riesgo Geológico en la Región Amazonas. Ingemmet Boletín N° 39, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.*

ANEXO 1. MAPAS









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

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 deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento 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 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 21). 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.

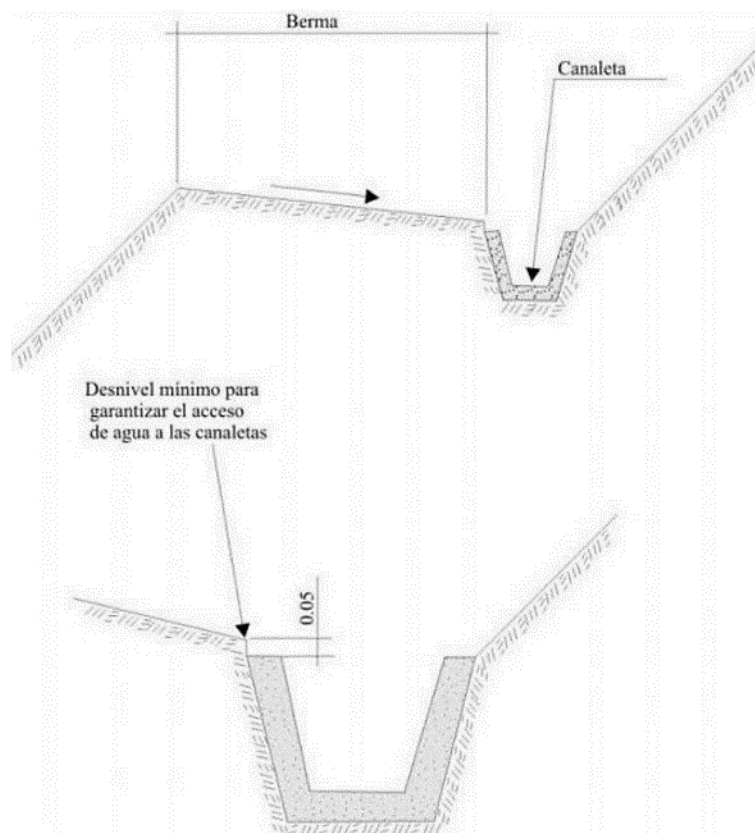


Figura 21. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

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

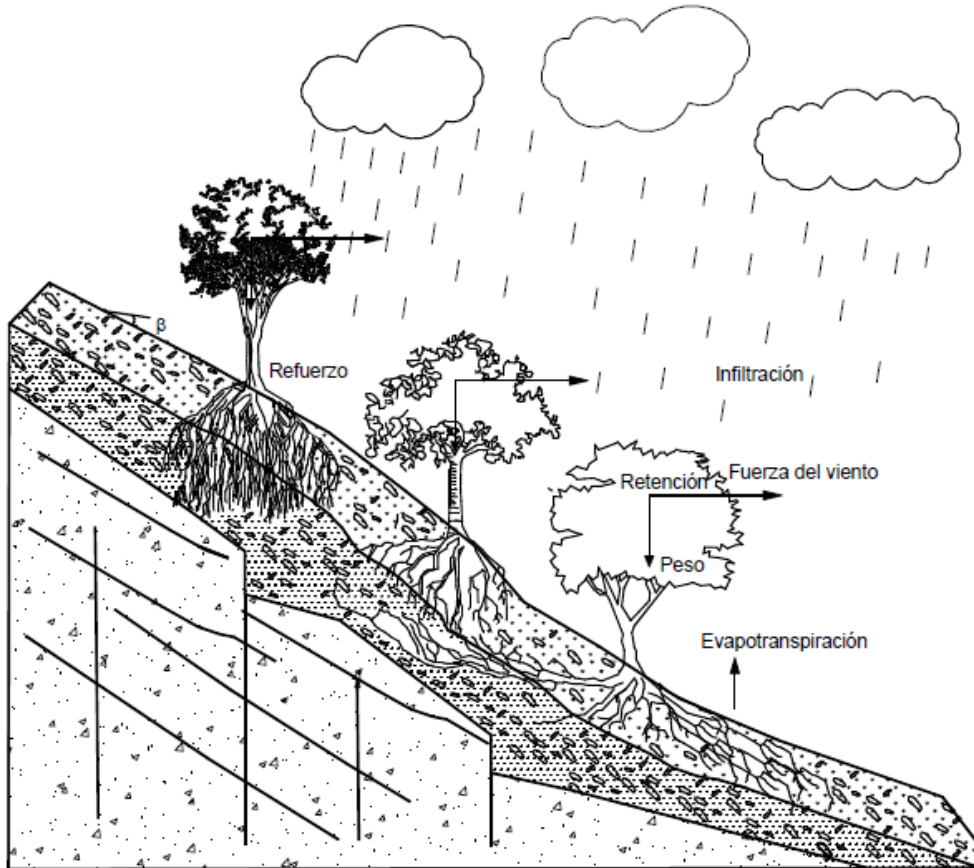


Figura 22. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 3. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.