

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7003

EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN LOS CENTROS POBLADOS EL TIGRE Y VISTA ALEGRE

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



OCTUBRE
2020

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CENTROS POBLADO EL TIGRE Y VISTA ALEGRE. DISTRITO DE CAJARURO, PROVINCIA DE UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS



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

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque y Luis León

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre. Distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7003, 38p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. UBICACIÓN.....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD	6
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	7
2.1.1. FORMACIÓN SAMBIMERA MIEMBRO SUPERIOR (PN-s/s).....	7
2.1.2. FORMACIÓN SAMBIMERA MIEMBRO INFERIOR (PN-s/i).....	8
2.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	10
3.2. Pendientes del terreno	10
3.3. Unidades geomorfológicas	13
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	13
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL... 14	
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	17
4.2. Deslizamientos antiguos en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre	17
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS.....	18
4.4. Análisis multitemporal de imágenes satelitales	25
4.5. Factores Condicionantes	25
4.6. Factores Desencadenantes	28
4.7. Daños por peligros geológicos	30
5. CONCLUSIONES	33
6. RECOMENDACIONES	34

7. BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES	36
ANEXO 2: GLOSARIO.....	37
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	37

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizada en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Los centros poblados El Tigre y Vista Alegre presentan afloramientos de arcillitas, limoarcillitas y limolitas con intercalaciones de calizas y tobas en capas rojizas, pardo amarillentas a grises. Estas secuencias sedimentarias con tamaños de grano medio a fino, tienen estratificación paralela intensamente fracturada y en algunos casos triturada, este aspecto origina una alta porosidad. En conjunto la Formación Sambimera presenta baja resistencia a los esfuerzos, alta permeabilidad y alto contenido de humedad. Los depósitos Cuaternarios de tipo aluvial, están conformados gravas angulosas en una matriz de limos, arenas y bajo contenido de arcilla; constituyendo un medio poroso y susceptible a deslizamientos.

Las geoformas corresponden a relieves de origen tectónico-degradacional y erosional (colinas y lomadas en rocas sedimentarias) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (abanico de piedemonte). Se considera que, el principal factor condicionante que origina la ocurrencia de peligros geológicos por deslizamientos, es la pendiente del terreno, conjuntamente con la litología que se encuentra muy meteorizada y fracturada, susceptibles a procesos de erosión.

Los movimientos en masa identificados corresponden a deslizamientos que se originaron el año 1999, actualmente se presentan procesos de reactivación, que vienen desde el mes de febrero del 2017 con el Fenómeno El Niño. Estos procesos de remoción en masa afectan terrenos de cultivos y vías de acceso. La zona de evaluación se encuentra activa a los movimientos en masa, debido a las condiciones geomecánicas de las rocas y suelos.

Se concluye que el área de estudio es considerada de peligro **Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y eventos anómalos como El Niño; así como movimientos sísmicos.

Finalmente, se recomienda realizar trabajos de estabilización de laderas en los escarpes próximos al área urbana a través de la construcción de banquetas, considerar estructuras de drenaje superficial, entubamiento e impermeabilización con PVC, medidas que mitiguen el avance de los procesos de remoción. Además, se debe de considerar reubicar las viviendas del centro poblado Vista Alegre que se encuentran cerca al escarpe principal de los deslizamientos.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, según Oficio N° 177-2020-MDC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo “deslizamientos antiguos y recientes”, ocurridos el día sábado, 25 de febrero de 2017 que afectó viviendas y terrenos de cultivo en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre, los trabajos de campo se realizaron los días 09 y 10 de octubre.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Cristhian Chiroque Herrera y Luis León Ordáz para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el área urbana e infraestructura vital.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Cajaruro, Gobierno Regional de Amazonas, Oficina de INDECI y COER-Amazonas y Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre, procesos geodinámicos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, 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 y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A) Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar (Sánchez et al. 1995). Según la geología descrita a escala regional, los sedimentos están conformados arcillas limosas de color pardo amarillento que dan origen a relieves suaves y muy erosionables correspondientes a la Formación Celendín. Hacia el norte afloran calizas gris oscuras con niveles delgados de lutitas y margas intercaladas con calizas nodulares y lutitas del Grupo Quilquiñan. En la zona de estudio, localmente se han observado afloramientos de arcillitas y limoarcillitas con intercalaciones de calizas y tobas grises de la Formación Sambimera Miembro Superior, además se tienen arcillitas, limoarcillitas y margas pardo amarillentas a grises.

- B) Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina, et al. 2009). El estudio destaca que la zona de estudio presenta una susceptibilidad media a baja ante la ocurrencia de procesos de remoción en masa. Se adjunta una tabla de zonas afectadas por deslizamientos describiendo substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas (figura 01).

- C) Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, 11g, 12g – [Boletín A 142] (Chacaltana et al., 2011). El boletín a escala 1:50, 000 describe que los materiales y sedimentos de la zona estudio están conformados por una secuencia de lutitas y limoarcillitas correspondiente al miembro superior de la Formación Sambimera; mientras que, al norte el miembro inferior aporta limoarcillitas, limolitas tobáceas y areniscas de grano grueso. Al norte se ubica la Formación Fundo El Triunfo cuya sección típica la constituyen una secuencia detrítica de margas y lutitas intercaladas con capas delgadas de areniscas.
Del análisis de las secuencias de afloramientos se concluye que, en la zona existe una continua aportación de materiales que al erosionarse forman sedimentos arcillosos susceptibles a procesos de remoción en masa.

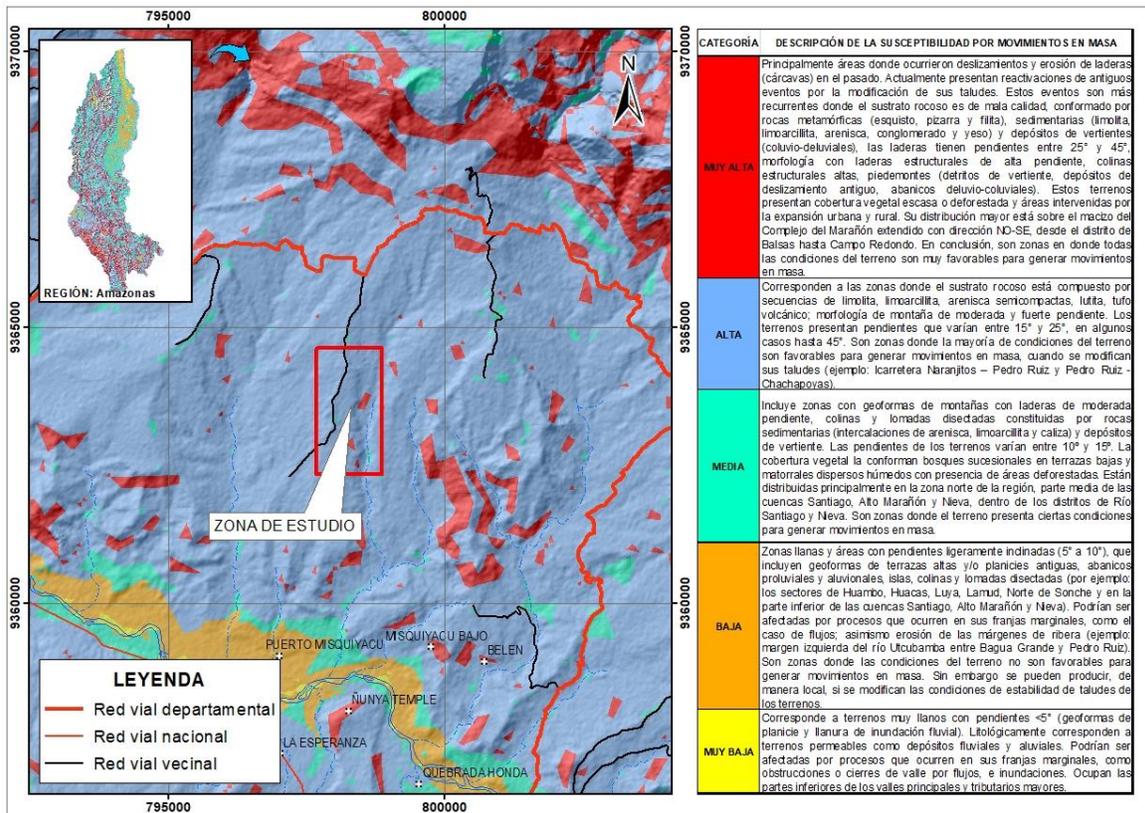


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Amazonas y el área de evaluación (Medina et al., 2009).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

Los centros poblados El Tigre y Vista Alegre se ubican a 14.6 km al este de la ciudad de Bagua Grande que pertenecen al distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas (figura 02), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes:

Cuadro 01. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	797694	9364655	-5.74°	-78.31°
2	798928	9364655	-5.74°	-78.30°
3	798928	9362285	-5.76°	-78.30°
4	797694	9362285	-5.76°	-78.31°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	798057	9363800	-5.74°	-78.30°

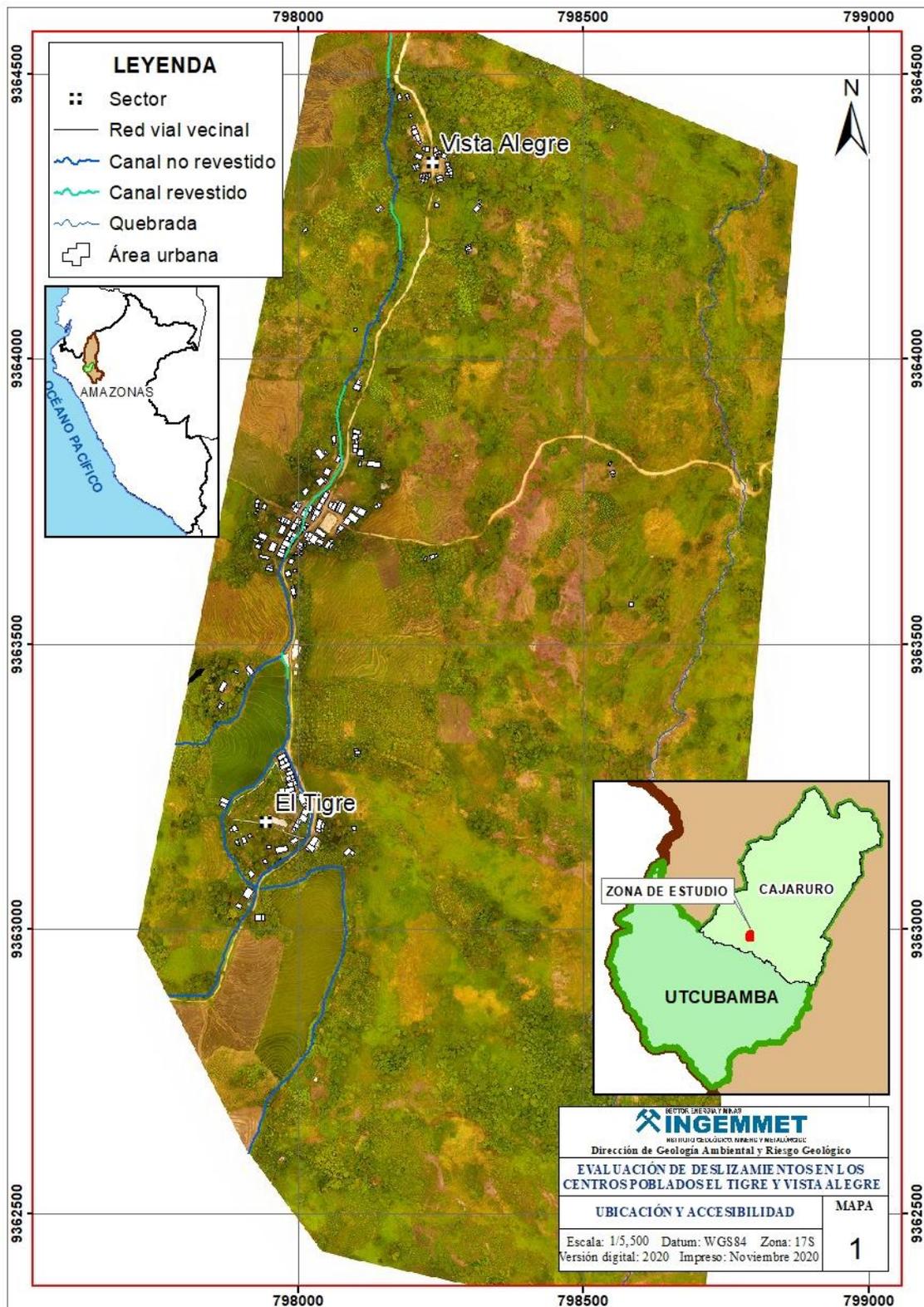


Figura 02. Mapa de ubicación.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona se realizó desde la ciudad de Cajamarca mediante la siguiente ruta:

Cuadro 02. Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Cajamarca – Chota	Asfaltada	145	4 horas
Chota – Cruce Chiple	Asfaltada	150	3 h 40 min
Cruce Chiple – Bagua Grande	Asfaltada	80	1 h 30 min
Bagua Grande – Naranjos Altos	Asfaltada	14	25 min
Naranjos Altos – El Porvenir	Asfaltada	7	12 min
El Porvenir – El Tigre-Vista Alegre	Trocha carrozable	3	7 min

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La zona de estudio se ubica en el cuadrángulo geológico de Aramango y Bagua Grande Hojas 11-g y 12-g a escala 1:50 000 (Chacaltana et al., 2011).

En las inmediaciones de los centros poblados El Tigre y Vista Alegre afloran sedimentos de la Formación Sambimera conformados por arcillitas, limoarcillitas y lutitas, el miembro inferior consta de limoarcillitas, limolitas tobáceas y areniscas. Al norte afloran una secuencia detrítica de margas y arcillitas intercaladas con capas delgadas de areniscas de la Formación Fundo El Triunfo. En el centro poblado Puerto Nuevo afloran lutitas y limolitas grises a verdes correspondientes a la Formación Celendín (figura 03).

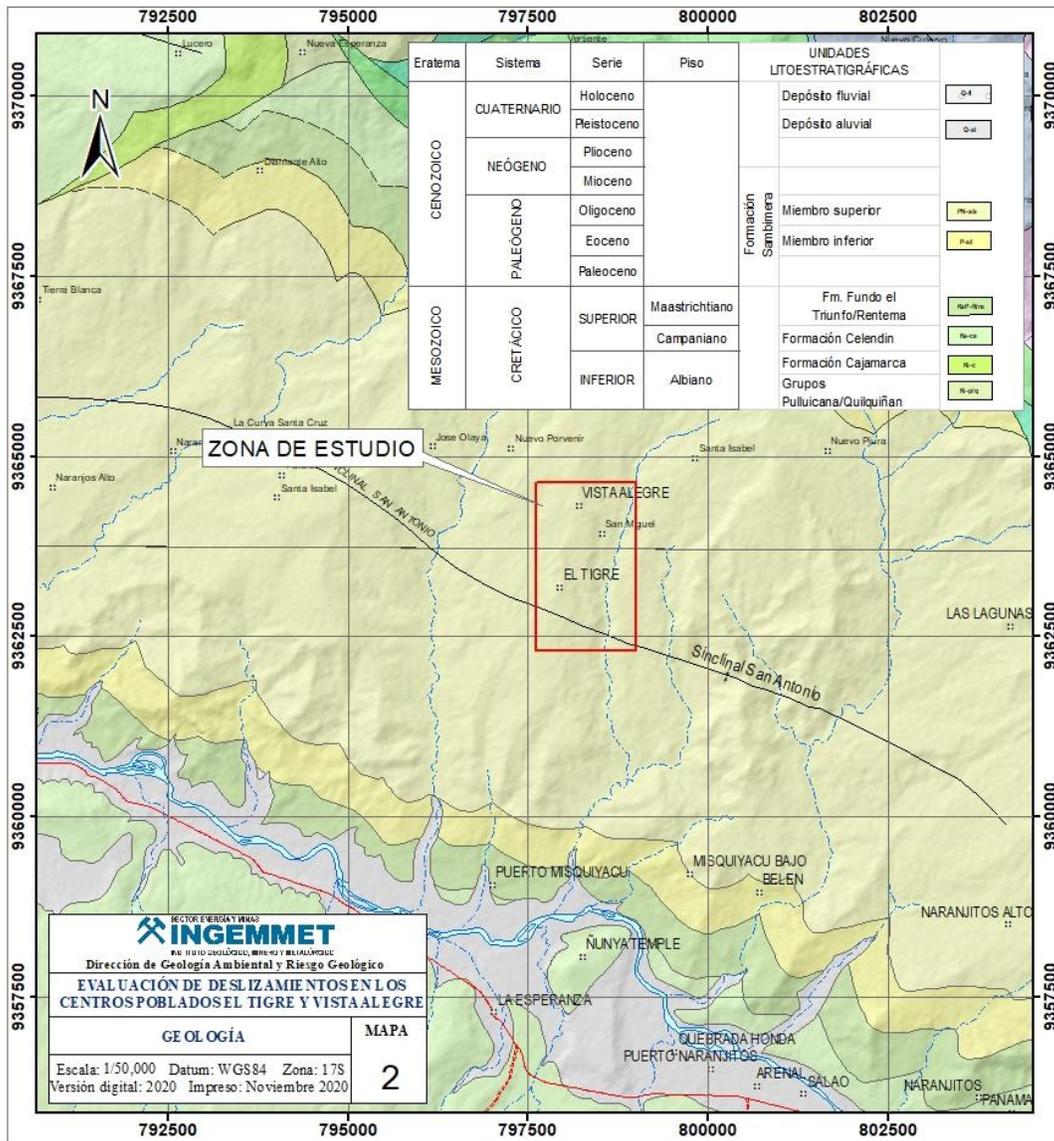


Figura 03. Geología del cuadrángulo de Bagua Grande y la zona de evaluación (Chacaltana et al., 2011).

2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio:

2.1.1. FORMACIÓN SAMBIMERA MIEMBRO SUPERIOR (PN-s/s)

Son afloramientos de arcillitas y limolitas pardo rojizas con intercalaciones de calizas y tobas grises, este tipo de secuencias se observan en los escarpes de los deslizamientos ubicados al este del centro poblado El Tigre y a escasos metros de la zona urbana de Vista Alegre (fotografía 01).



Fotografía 01. Secuencias conformadas por limoarcillitas rojizas formando el sinclinal de San Antonio al sur de la zona.

2.1.2. FORMACIÓN SAMBIMERA MIEMBRO INFERIOR (PN-s/i)

Las secuencias sedimentarias Sambimera Miembro Inferior afloran al este del centro poblado, están conformadas por limoarcillitas, limolitas tobáceas y areniscas con niveles de margas de coloración pardo amarillento a rojizas (fotografía 02).



Fotografía 02. Secuencia sedimentaria de limolitas tobáceas color amarillentas a rojizas próximas al centro poblado Vista Alegre.

2.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

Están constituidos por gravas, arenas y limos. Los clastos son de diferentes tamaños subredondeados, con una matriz limo-arcillosa, intercalados con niveles arenosos.

El control estructural que ejerce el Sinclinal de San Antonio a determinado el espesor del material de cobertura aluvial y la profundidad del basamento de rocas correspondientes a la Formación Sambimera, mientras más cerca del eje del sinclinal mayor será el espesor de la capa cuaternaria, lo que se pudo constatar con el buzamiento de las capas sedimentarias. (fotografía 03 y 04).



Fotografía 03. Materiales aluviales conformados por gravas angulosas en el centro poblado Vista Alegre.



Fotografía 04. Cortes de talud expuestos debido a los deslizamientos en el área urbana.

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, la brigada de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) realizó el levantamiento fotogramétrico con drones, de donde se obtuvo el modelo digital de terreno con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel. Esta información se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El área urbana del centro poblado El Tigre se asienta principalmente sobre un relieve con elevaciones entre 790 m s.n.m y 845 m s.n.m; mientras que, el poblado Vista Alegre ubicado al norte tiene elevaciones entre 855 m s.n.m y 910 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al norte con superficies que sobrepasan los 910 m de altitud. Los deslizamientos se desarrollan desde los 870 m de altitud con desniveles que descienden hasta 320 m. Hacia el sur de la zona urbana de El tigre se encuentran las cotas más bajas llegando a descender hasta 626 m (figura 04).

3.2. Pendientes del terreno

En la etapa de campo se delimitó el área de intervención, la cual abarcó 235.2 has, del análisis del mapa de pendientes se determinó que el 25% equivalente a 59 has presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas, el 40% aproximadamente 95 has presenta pendientes moderadas (5°-15°); mientras que, el 34% (80 has) son superficies con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - 90°). Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas abarcan 36 has y representan los escarpes de los deslizamientos ocurridos al este de las áreas urbanas de El Tigre y Vista Alegre (figura 05).

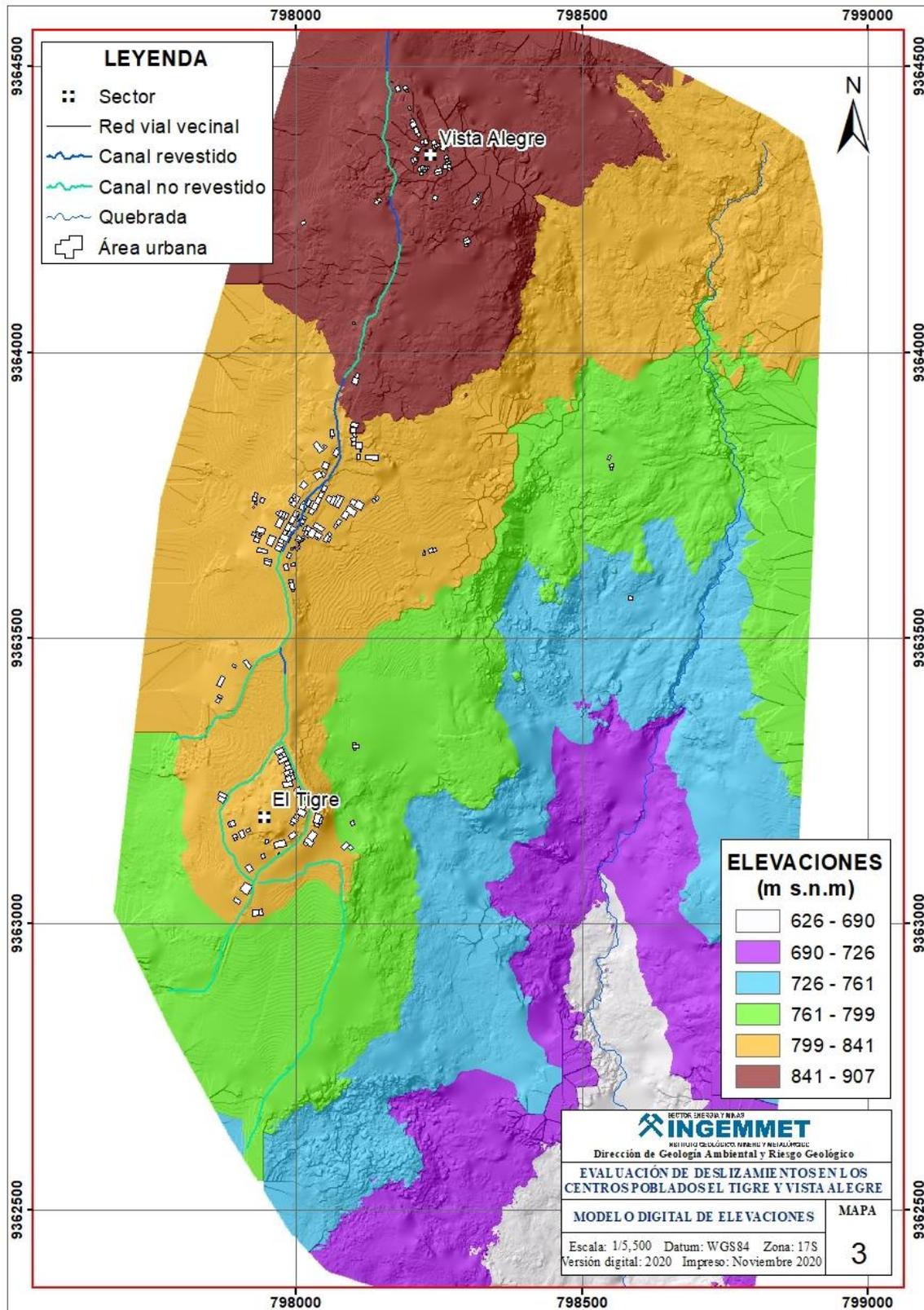


Figura 04. Mapa de elevaciones (Elaboración propia).

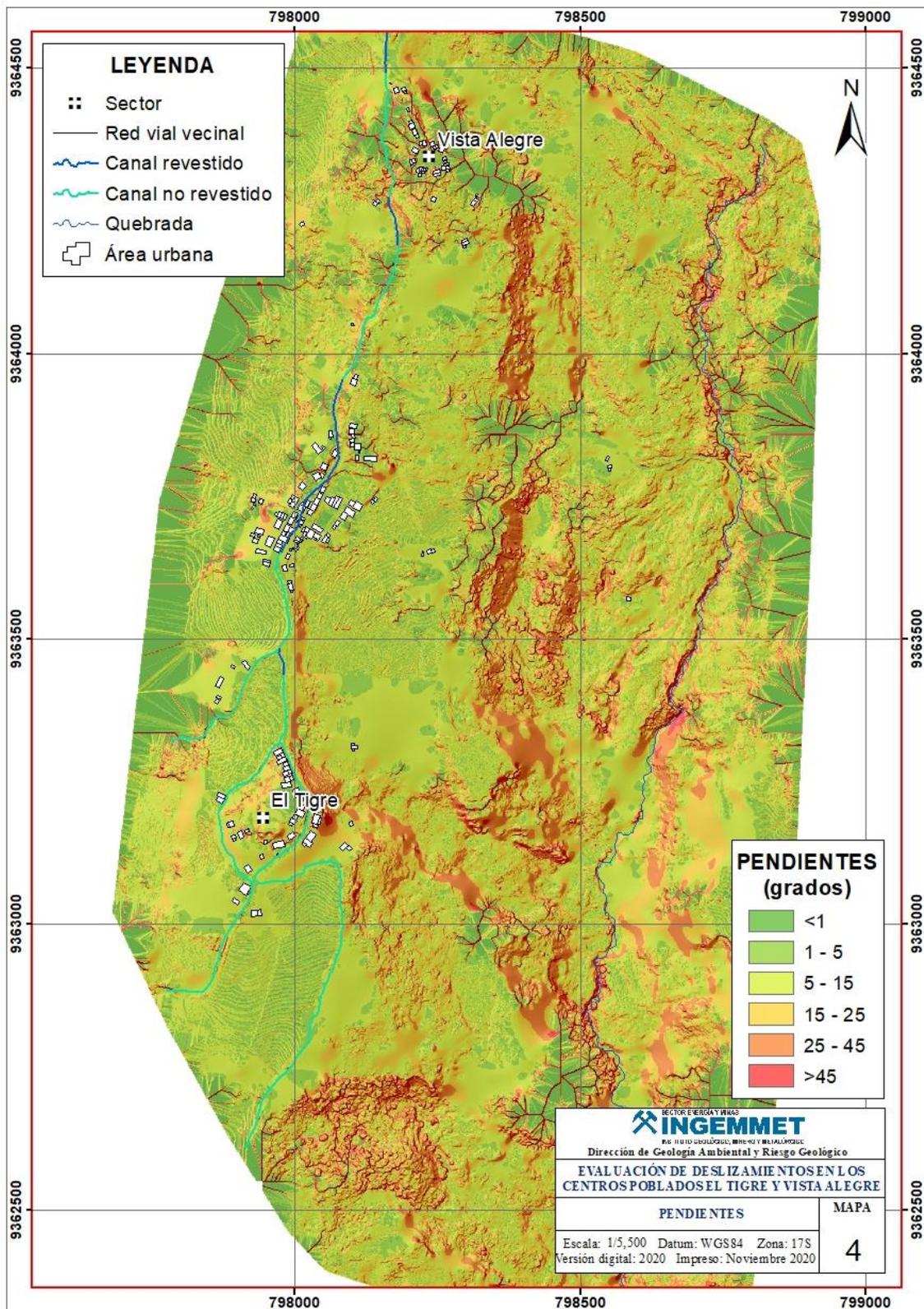


Figura 05. Mapa de pendientes de los centros poblados El Tigre y Vista Alegre (Elaboración propia).

3.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes:

3.3.1.1. Unidad de colinas y lomadas

Las colinas y lomadas son de menor altura que las montañas, generalmente no superan los 300 metros desde la base hasta la cima; se puede subdividir según su naturaleza litológica, morfología estructural y grado de erosión o disección; la inclinación de sus laderas en promedio es superiores a los 16% (FAO, 1968; citado por Villota. 2005, p. 43).

Subunidad de colinas y lomadas estructurales en rocas sedimentarias (RCL-rs): El área urbana de los centros poblados El Tigre y Vista Alegre se asienta sobre una lomada con pendientes llanas a suavemente inclinadas y alcanza elevaciones máximas y mínimas de 900 m s.n.m y 761 m s.n.m, estas superficies fueron modeladas por antiguos procesos de remoción en masa formando una extensa cobertura aluvial sobre rocas sedimentarias (figura 06).



Figura 06. Lomada donde se asientan el área urbana del centro poblado El Tigre.

3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores aquí se tiene:

3.3.2.1. Unidad de piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

Subunidad de abanico de piedemonte (Ab): Los abanicos aluviales de piedemonte se han emplazado desde las partes altas de las montañas formadas o modeladas por corrientes de agua como ríos o quebradas con pendientes menores a 15° y las zonas llanas con pendientes menores a 5° , estas zonas se encuentran al oeste de la zona de estudio y son afectadas por procesos de remoción en masa (figuras 07 y 08).



Figura 07. Piedemonte ubicado al este de la zona urbana del sector Vista Alegre, limitando entre la lomada y los abanicos aluviales.



Figura 08. Vista de norte a sur del abanico aluvial limitando con la lomada donde se asienta el área urbana de El Tigre.

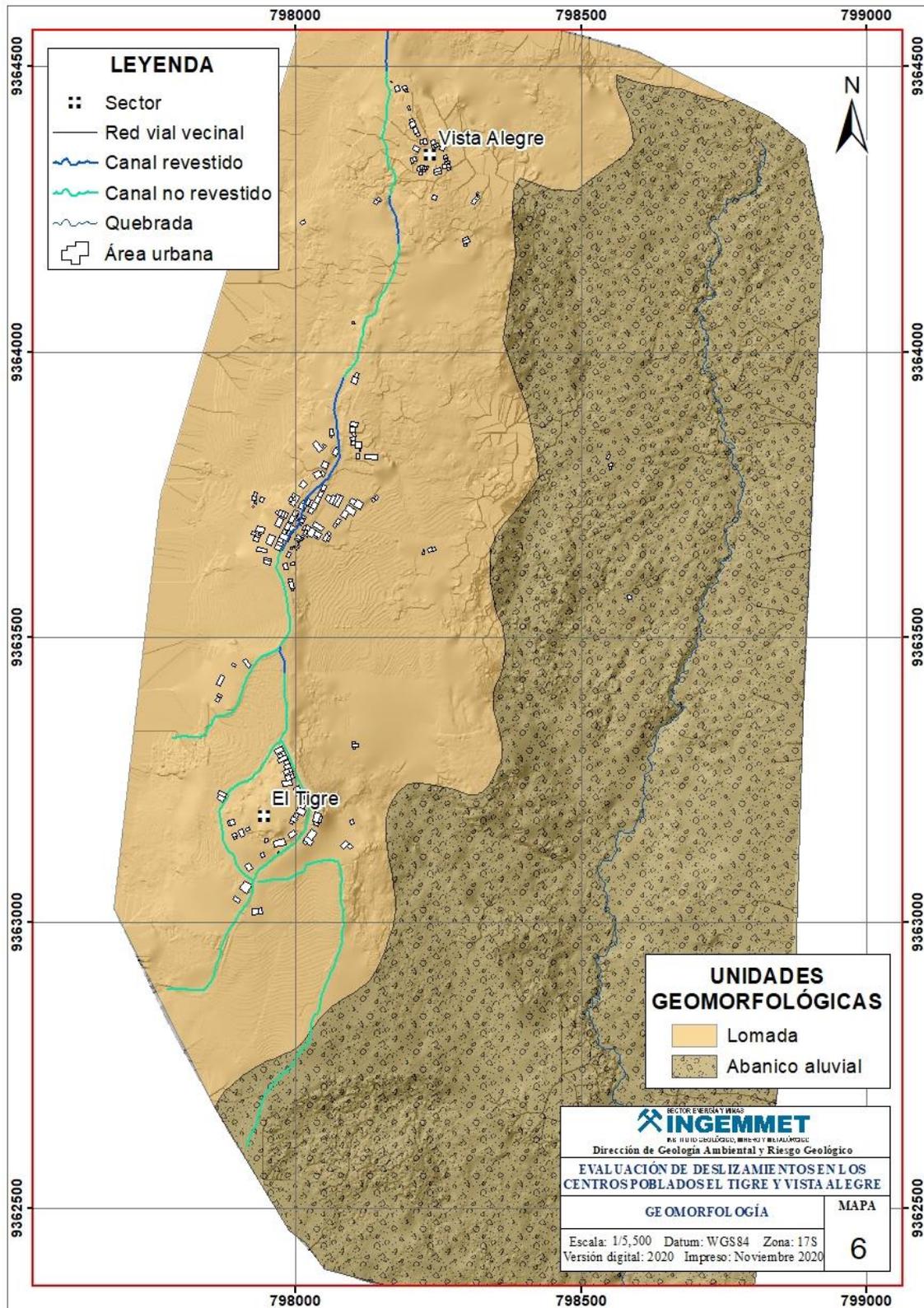


Figura 08. Unidades geomorfológicas en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre (Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos y erosión de laderas (Proyecto Multinacional Andino, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua provenientes desde la parte alta de la cuenca, 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 y quebradas.

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

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Se definió 01 deslizamientos reciente (DR) con actividad geodinámica durante los años 2017 (Niño Costero) y 2019 (temporada de lluvias); además de, deslizamientos antiguos ubicado al sureste del área urbana del centro poblado El Tigre, estos procesos se han identificado a través de los escarpes, morfometría con cambios de relieves abruptos y materiales desplazados, los cuales fueron comprobados a través de imágenes satelitales y trabajo de campo in situ.

En la zona de estudio se han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

4.2. Deslizamientos antiguos en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre se realizaron los trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa a través del cartografiado geológico y geodinámico basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas, ortofotos y modelos digitales de terreno.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS

El escarpe del deslizamiento se ubica a menos de 20 m de las viviendas del centro poblado Vista Alegre, afecta la trocha carrozable principal vía de acceso a la zona y viviendas de material como el adobe, quincha y caña (figuras 09 y 10).

Deslizamiento antiguo 01 (DAN-01)

- La escarpa del deslizamiento de forma alargada tiene la zona de arranque en la cota 898 m s.n.m., y se desplaza hasta los 865 m s.n.m.
- La longitud total del escarpe alcanza una longitud de 280 m, con un desnivel entre el escarpe y el pie de 33 m.
- El área afectada: 3.8 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 5 m a 10 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 230 m y 245 m.
- Volumen desplazado: 150 000 m³.
- Se muestran evidencias de procesos retrogresivos.



Figura 09. Deslizamiento antiguo próximo a la zona urbana del centro poblado Vista Alegre, vista de este a oeste.



Figura 10. Parte lateral del deslizamiento ubicado en el ingreso a Vista Alegre, vista de norte a sur.

En base a la fotogrametría con drones se generó el modelo digital de terreno, obteniendo perfiles transversales y vistas en perspectiva, realizadas con el objetivo de caracterizar la morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, llegando a determinar desplazamientos que varían de 5 m a 10 m de alto (figura 11).

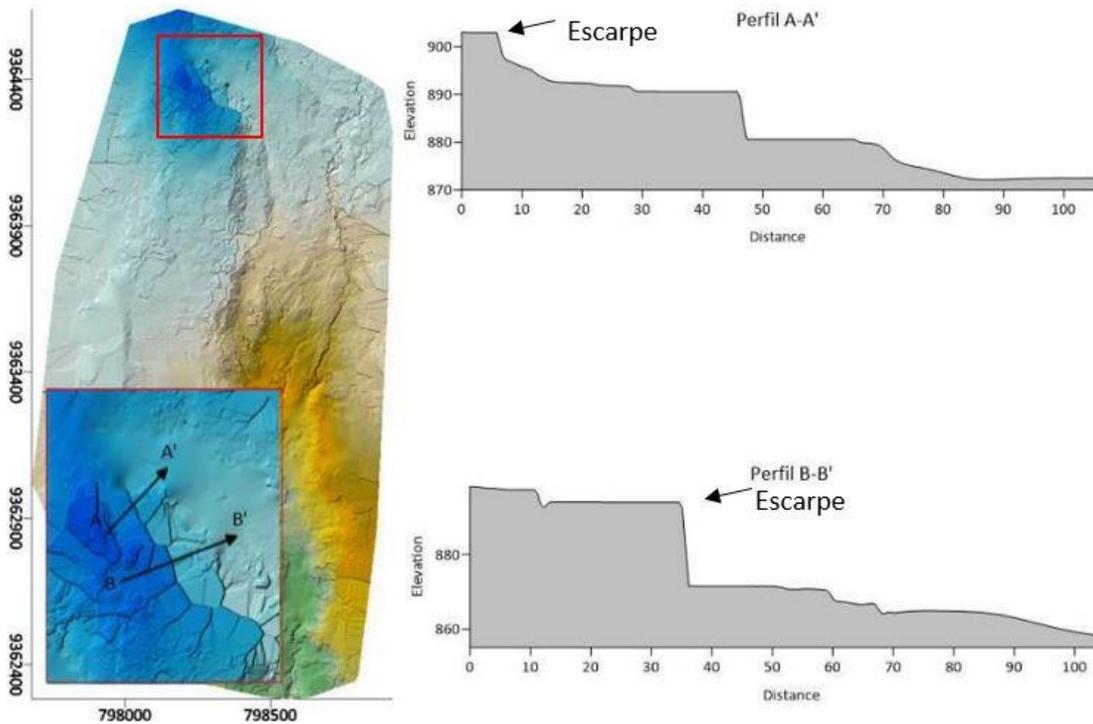


Figura 11. Parte lateral del deslizamiento ubicado en el ingreso a Vista Alegre, vista de norte a sur.

El desplazamiento o desnivel entre el escarpe y el pie llega a 40 m, sin presencia de escarpes secundarios, pero con asentamientos en el relieve de hasta 15 m.

Deslizamiento antiguo 02 (DAN-02)

Se ubica a 1.1km y 184 m al sureste y este de las áreas urbanas de Vista Alegre y El Tigre, afectó principalmente cultivo y a 20 viviendas ubicadas próximas al deslizamiento (figura 12).

- La escarpa del deslizamiento de forma semicircular a irregular y en tramos tiene la zona de arranque muy próxima a las viviendas del Tigre, la cota 815 m s.n.m., y se desplaza hasta los 672 m s.n.m.
- La longitud total del escarpe alcanza una longitud total de 1240 m, el desnivel entre el escarpe y el pie de 143 m.
- El área afectada: 240 ha.
- El salto de falla principal mide 5 m a 7 m.
- Largo y ancho del deslizamiento de la zona afectada: 620 m y 330 m.
- Volumen desplazado: 1 025 000 m³.



Figura 12. Deslizamiento antiguo próximo al área urbana de El Tigre.

Se realizaron perfiles transversales y vistas en perspectiva con el objetivo de caracterizar la morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, llegando a determinar desplazamientos que varían de 10 m a 50 m de alto (figura 13).

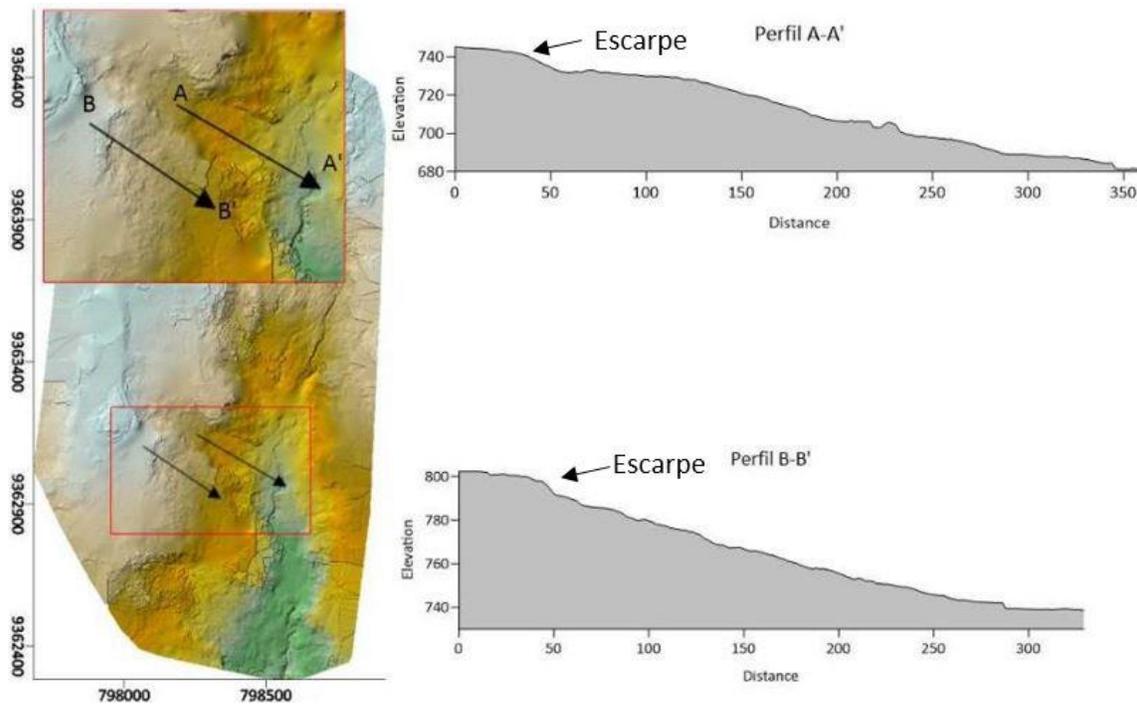


Figura 13. Vista en perspectiva del deslizamiento DA-02.

4.3. Deslizamientos recientes en los centros poblados El Tigre y Vista Alegre

Estos deslizamientos se han activado por las lluvias del año 2017.

4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DE LOS EVENTOS

Este deslizamiento se ubica a 182 m y 330 m al este de las áreas urbanas de Vista Alegre y El Tigre, este proceso afectó más de 14 has de terrenos de cultivo y 32 viviendas; además la vía afirmada que comunica con el sector de San Miguel (figuras 14 y 15).

Deslizamiento reciente 01 (DR-01)

- Escarpa principal de forma alargada e irregular. La zona de arranque se encuentra en la cota 876 m s.n.m. y el pie a los 737 m s.n.m
- La longitud total del escarpe llega 827 m de longitud, el desnivel entre el escarpe y el pie del deslizamiento es de 139 m.
- El área afectada: 355 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 150 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 370 m y 820 m.
- Volumen desplazado: 2 033 000 m³.

- Se muestran evidencias de procesos retrogresivos.



Figura 14. Deslizamiento DR-01 que afecta la vía de acceso hacia San Miguel.



Figura 15. Terrenos de cultivo afacetados por el deslizamiento DR-01.

De los perfiles transversales se definió la morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, llegando a determinar desplazamientos que varían de 20 m a 40 m de alto (figura 16).

El desplazamiento o desnivel entre el escarpe y el pie llega a 50 m, con presencia de escarpes secundarios y asentamientos en el relieve de hasta 2 m (figura 17).



Figura 16. Vistas del escarpe principal y el canal de concreto destruido debido al desplazamiento de los materiales.

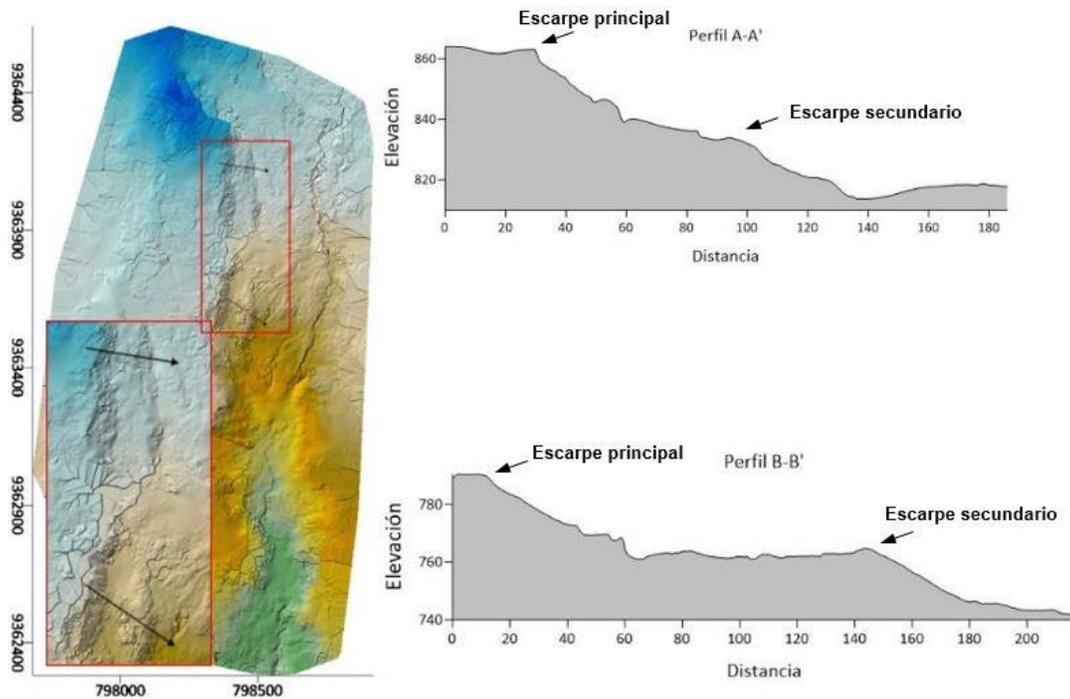


Figura 17. Perfil transversal del deslizamiento DR-01.

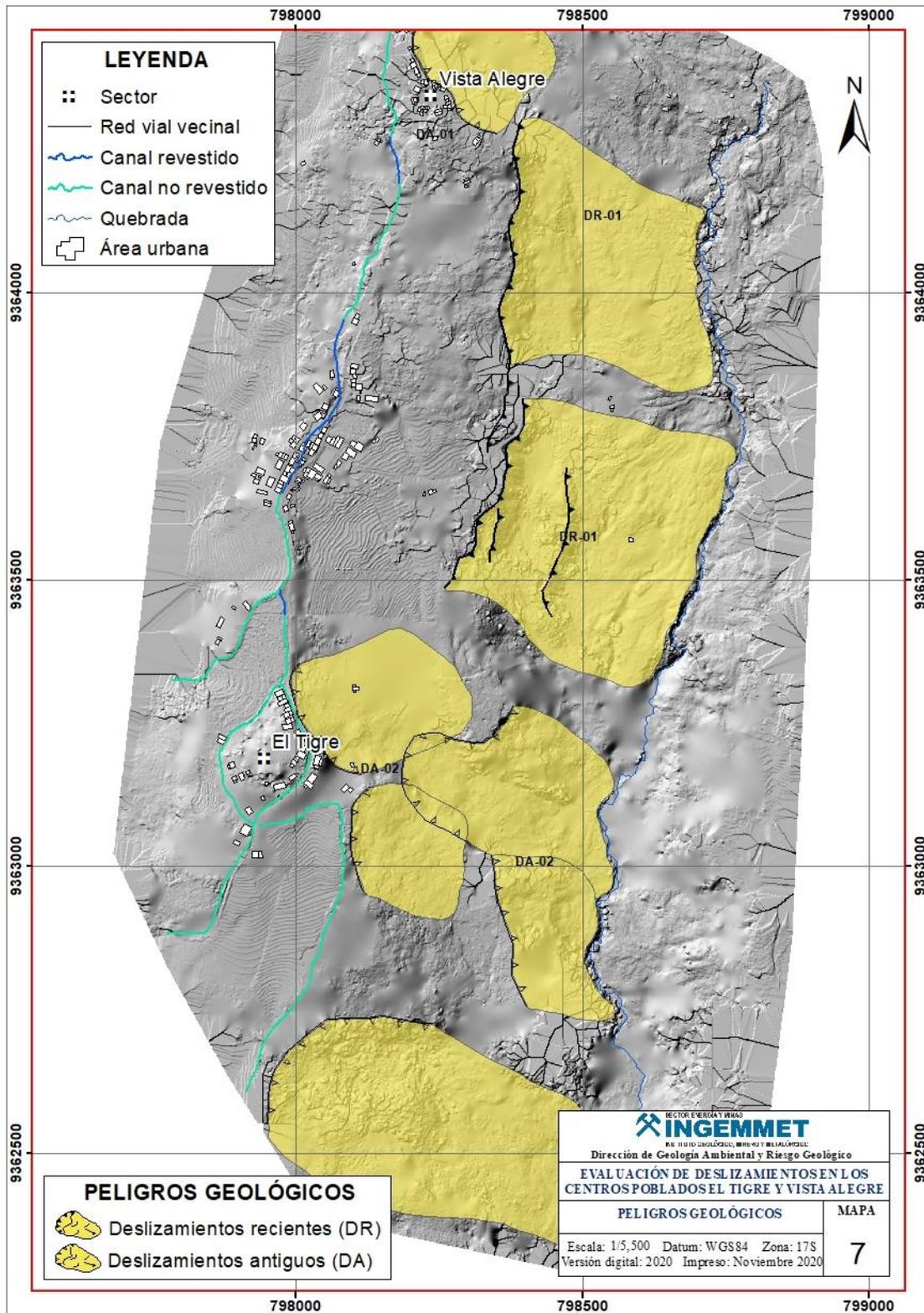


Figura 18. Peligros geológicos en la zona de estudio.

4.4. Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Para este análisis se realizó la recolección, georreferenciación de imágenes satelitales. La zona de estudio fue afectada por deslizamientos desde el año 1999, las imágenes disponibles muestran deformación en el relieve en el año 2012, en la imagen satelital resalta la formación de escarpes alargados al este del área urbana tomando como referencia la Institución Educativa El Tigre.

En la imagen de octubre 2014, se observan los escarpes y las marcas dejadas por los deslizamientos, se aprecian pequeñas lagunas que se han formado por el desplazamiento del terreno, se resalta que durante el año 2017 se observan los deslizamientos formados (figura 19).

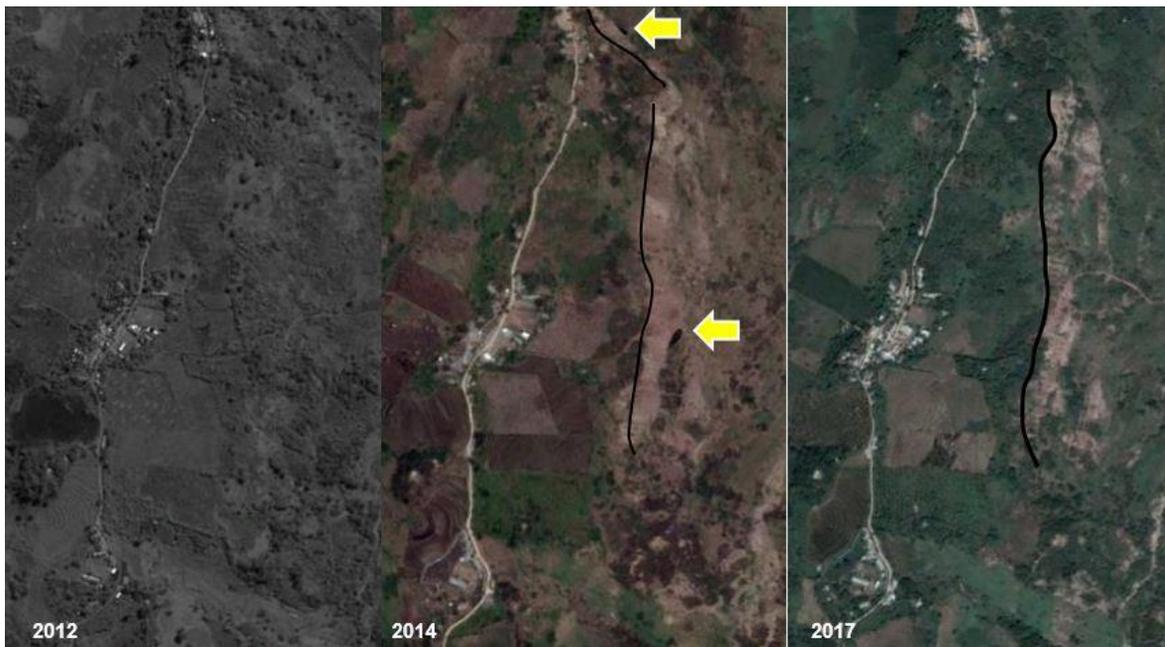


Figura 19. Perfil transversal del deslizamiento DR-01.

4.5. Factores Condicionantes

4.5.1. Litología

Los tipos de rocas que afloran en la zona de estudio, están conformados por limoarcillitas, limolitas y tobas amarillentas y pardo rojizas del miembro superior de la Formación Sambimera. Estas capas constituyendo secuencias fracturadas, poco compactas, muy erosionable, que en contacto con agua pierden cohesión y estabilidad (figura 20).

La cobertura Cuaternaria está conformada por gravas angulosas a subredondeadas dispersos en una matriz detrítica limo arenosa con arcillas, estas capas forman un medio poroso por donde se infiltra el agua y sobresatura los sedimentos (figura 21).



Figura 20. Capas sedimentarias que constituyen los primeros metros de suelos de cimentación.



Figura 21. Materiales cuaternarios aluviales observados en los deslizamientos.

4.5.2. Pendientes

Antes de los deslizamientos, el área de evaluación tenía relieves con pendientes suavemente inclinadas a moderadas ($1^\circ - 15^\circ$), los procesos de remoción en masa suelen modificar el relieve original, transformando la geomorfología.

El análisis actual del relieve muestra que, las pendientes muy fuertes a muy escarpadas se encuentran en los escarpes de los deslizamientos y en el entorno a ellos; mientras que, las pendientes fuertes se distribuyen en terreno ondulados con probable ocurrencia a nuevos procesos de remoción en masa (figura 22).

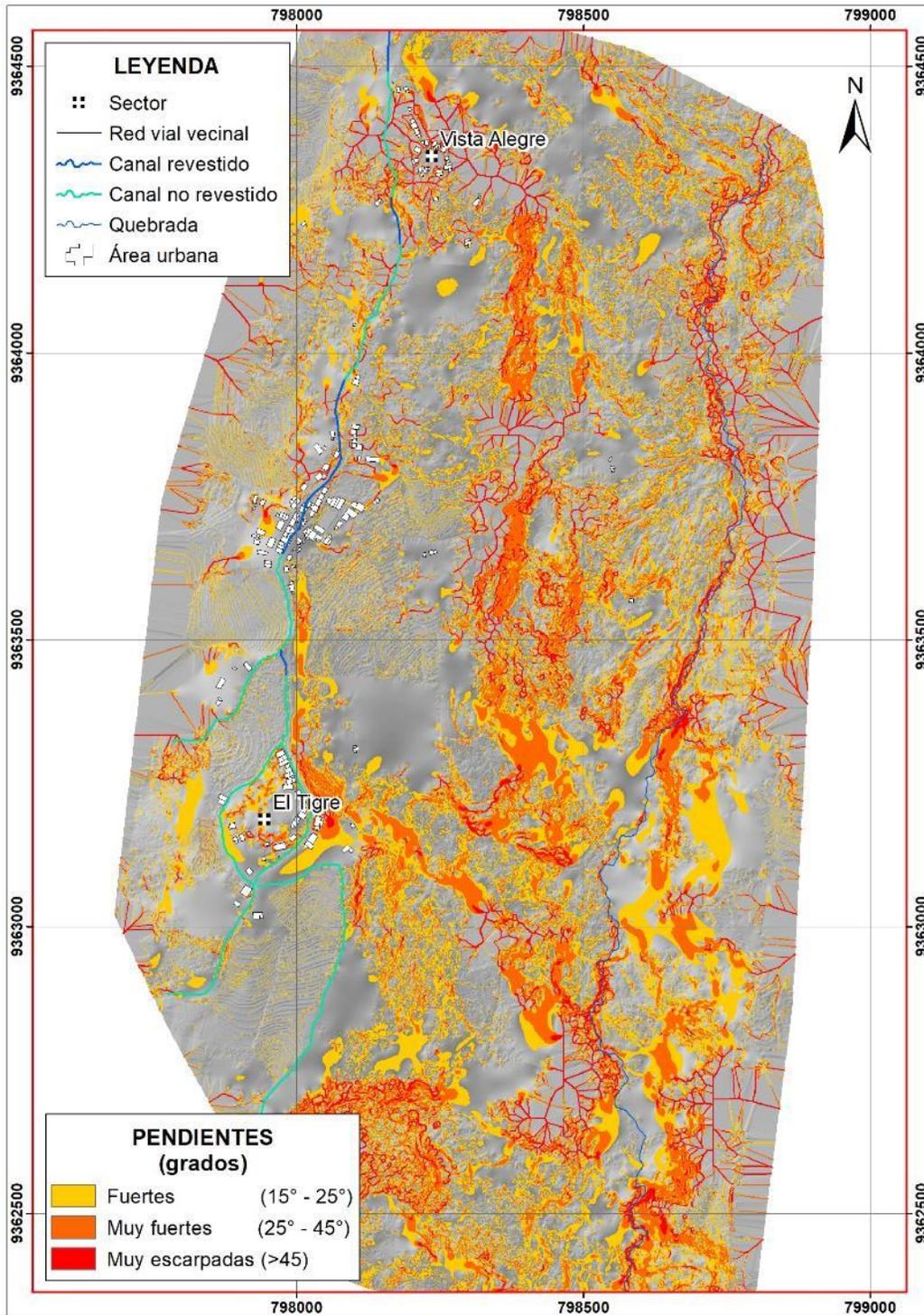


Figura 22. Vista panorámica de las zonas afectadas por deslizamientos.

4.6. Factores Desencadenantes

4.6.1. Lluvias intensas

Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas al área de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Los procesos de remoción en masa iniciaron desde el año 1999, llegando a incrementarse durante el año 2017. Las estaciones próximas a la zona de estudio se ubican en las ciudades de Bagua Grande y Puerto Naranjitos (cuadros 04, 05 y 06, gráficos 01 y 02, figura 23).

Cuadro 04. Ubicación de la estación meteorológica Naranjos y Naranjitos.

Estación: NARANJOS					
Departamento:	AMAZONAS	Provincia:	UTCUBAMBA	Distrito:	BAGUA GRANDE
Latitud:	5°45'20.46" S	Longitud:	78°25'53.55" W	Altitud:	427 m s.n.m.
Tipo:	Convencional - Hidrológica			Código:	221501
Estación: NARANJITOS					
Departamento:	AMAZONAS	Provincia:	UTCUBAMBA	Distrito:	JAMALCA
Latitud:	5°49'10.85" S	Longitud:	78°16'33.54" W	Altitud:	500 m s.n.m.
Tipo:	Convencional - Hidrológica			Código:	220907

AÑO	2000											
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Precipitación Total (mm/mes)	63.9	58.8	128.8	124.5	129.9	76.1	76.1	32.3	53.0	29.1	14.9	91.3

Cuadro 05. Datos de precipitación anual años 2000.

Para el año 2000, las precipitaciones llegaron a mínimos y máximos mensuales de 14 y 19 mmm, mientras que, el acumulado anual lleo a 878 mm.

AÑO	2017																											
MES	FEBRERO																											
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Precipitación Total (mm/día)	7.8	2.1	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	1.3	0.1	5.9	24.1	11.8	5.8	10.6

Cuadro 06. Datos de precipitaciones pluviales durante los procesos de remoción en masa registrados en la zona de estudio.



Gráfico 01. Precipitación total mensual durante el año 2000.

Para el periodo 2017, la estación Puerto Naranjitos ubicada a 11.5 km de la zona de estudio, registró precipitaciones que alcanzaron 164 mm, siendo la última semana los picos más altos con 24 y 12 mm/día (gráfico 02).

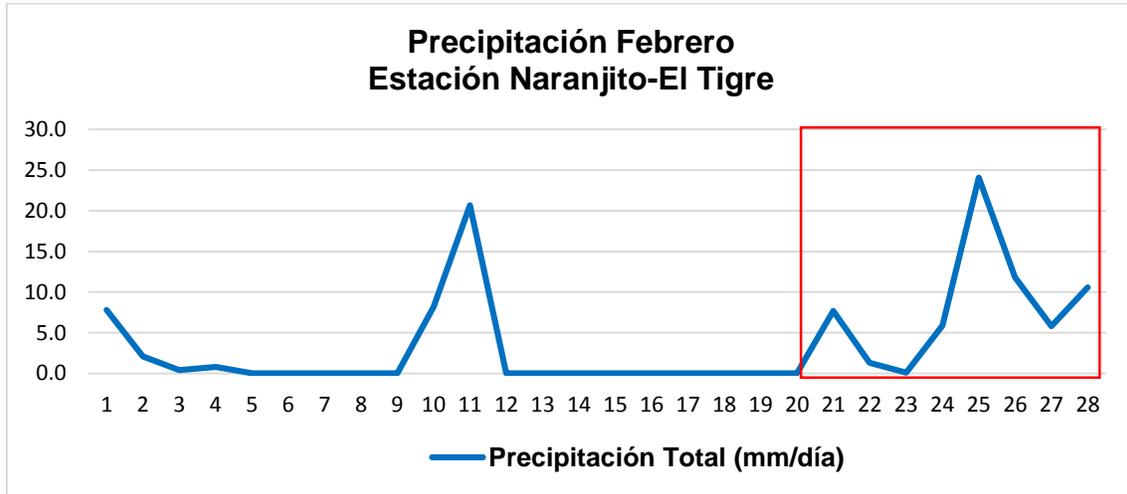


Gráfico 02. Precipitaciones registradas durante el mes de febrero.

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

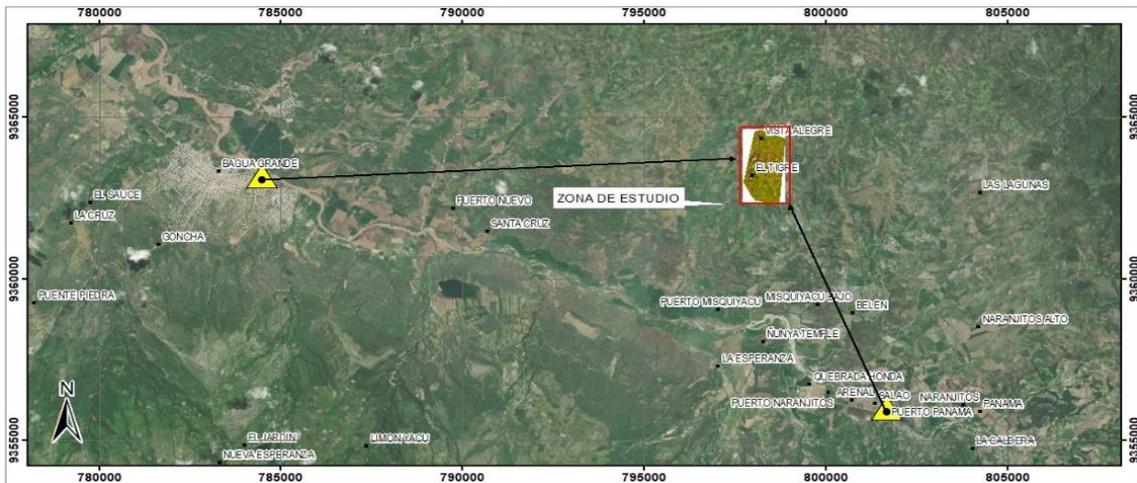


Figura 23. Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

4.6.2. Canal de riego

El canal de riego El Campesino tiene una longitud total de 3.2 km de longitud, del cual solo 18% se encuentra revestido de concreto y con la presencia de grietas, se divide en varias secciones que en total tiene 6 km y que atraviesa ambos pueblos de norte a sur (figura 24).

Es probable que el estado de conservación del canal haya influido en la ocurrencia de los deslizamientos desarrollados hacia el este, debido al mal estado del canal el agua se

infiltrara al subsuelo; evidencia de esto es la presencia de dos pequeñas lagunas en la parte baja de los escarpes.

La sección restante del canal de riego no está revestida siendo un canal de tierra de 2,6 km, el agua que se acumula debido al agua de escorrentía y lluvia se infiltra hacia el subsuelo con dirección preferencial hacia la pendiente que desciende de oeste a este.



Figura 24. Vista del canal de riego El Campesino del centro Poblado El Tigre.

4.7. Daños por peligros geológicos

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

4.7.1. Canal de riego El Campesino

El canal abastece de agua a varios sectores próximos al centro poblado El Tigre, actualmente se encuentra en uso, pero existen varios puntos en donde el agua se infiltra a través del concreto que presenta fisuras y constantemente es interrumpido debido a los deslizamientos activados por lluvias (figura 25).



Figura 25. Canal de riesgo El Campesino.

4.7.2. Viviendas

Se han registrado daños en las viviendas ubicadas próximas a las zonas de deslizamientos, el principal material de construcción es el adobe, madera y quincha. Los daños se acentuaron en el mes de febrero del 2017 en la temporada de lluvias del Niño Costero. Según el Informe N° 344-2019-SGRD/MPU-BG, indica que se han identificado 32 viviendas afectadas por infiltraciones de agua provenientes del canal El Campesino (figura 26).



Figura 26. Tramo de 50 m de tubería con empalmes críticos.

4.7.3. Vías de acceso

El deslizamiento DR-01 afecta la trocha carrozable que comunica al centro poblado El Tigre con el sector San Miguel, aproximadamente 110 m de vía fueron interrumpidos, limitando el tránsito de varios sectores (fotografía 05).



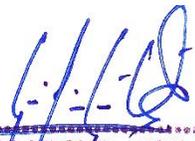
Fotografía 05. Tramo de 50 m de tubería con empalmes críticos.

5. CONCLUSIONES

- a) En las inmediaciones de los centros poblados El Tigre y Vista Alegre afloran arcillitas, limoarcillitas y limolitas con calizas y tobas en secuencias rojizas; estas rocas presentan malas condiciones geomecánicas, muy fracturadas, erosionadas y con buzamiento a favor de la pendiente (10° SW). Los materiales Cuaternarios están compuestos por gravas en matriz limo-arenosa, esto permite la infiltración y retención del agua, saturando los sedimentos.
- b) El área urbana se asienta sobre una lomada con pendientes llanas a suavemente inclinadas cuyo emplazamiento y modelado se debe a antiguos procesos de remoción en masa, al este se encuentra el abanico de piedemontes con relieves de pendientes moderadas a muy escarpadas.
- c) Los sectores de El Tigre y Vista Alegre están afectados por DESLIZAMIENTOS, que se originaron en el año 1999. Durante las lluvias de los años 2017 y 2019 han sufrido procesos de reactivación.
- d) Los escarpes llegan a medir hasta 600 m de longitud; mientras que, los cuerpos de los deslizamientos superan los 510 m de largo y 820 m de ancho, los saltos de falla presentan desniveles de 10 m a 50 m de alto. Los volúmenes estimados de los deslizamientos antiguos DAN-01 y 02 llegaron a 150 000 m³ y 1 025 000 m³ y el deslizamiento reciente DR-01 llegó a 2 033 000 m³.
- e) Las precipitaciones registradas durante el Fenómeno de El Niño 1998-2000, febrero del 2017 y recientemente durante el 2019, fueron los factores detonantes. El agua proveniente de la lluvia ocasionó la sobresaturación del terreno, esto originó un aumento de volumen y peso de la masa inestable, la combinación de estos factores ocasionó el deslizamiento.
- f) Otra de las causas es la presencia de canales y acequias no revestidas, que irrigan gran parte del relieve.
- g) Tomando en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas actuales, se determina que, los centros poblados El Tigre y Vista Alegre tiene un “Peligro Muy Alto por Movimientos en Masa”.

6. RECOMENDACIONES

- A) Evacuar las viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos antiguos DA-1 y 02 debido al peligro por reactivación de deslizamientos ubicados próximos al área urbana de El Tigre y Vista Alegre. No permitir la construcción de nuevas viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos.
- B) Realizar el entubamiento e impermeabilización de canales y acequias que cruzan ambos pueblos. Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia las quebradas más próximas o hacia un colector principal. Construir cunetas a lo largo de las vías principales con el propósito de evitar que el agua de escorrentía se infiltre rápidamente ocasionando erosión en la superficie.
- C) Construcción de las medidas de mitigación estructural como: zanjas de coronación y drenajes mediante la impermeabilización con PVC, en forma de tipo de pescado.
- D) Realizar el monitoreo de deslizamientos y cárcavas por futuras reactivaciones que puedan producir daños a viviendas y vías de acceso. Implementar estacas y cercos que bordeen los escarpes de los deslizamientos activos y las zonas susceptibles para estimar los desplazamientos.
- E) Tomar en cuenta los peligros geológicos y geoformas susceptibles a deslizamientos para zonificar y ordenar la expansión urbana de los poblados El Tigre y Vista Alegre, con el objetivo de disminuir el crecimiento indiscriminado y no planificado de la población, lo que representaría su exposición en zonas de alto peligro.
- F) Prohibir la construcción de infraestructura o viviendas en las zonas definidas y delimitadas como susceptibles a la ocurrencia de nuevos deslizamientos, porque están clasificadas como zonas de peligro muy alto por movimiento en masa.
- G) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura, migración a nuevas técnicas de irrigación y tipos de cultivos.


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

7. BIBLIOGRAFÍA

Chacaltana, C; Valdivia, W; Peña, D. & Rodríguez, R. (2011). Geología de los cuadrángulos de Aramango (11-g) y Bagua (12-g). INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 142, 125 p., 8 mapas.

Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.

Fidel, L., Zavala, B., Núñez, S. y Valenzuela, G. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 31, Lima.

Gómez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas.

Manual para Terraplenes de Carretera en Japón (2004) - Instituto de Investigación de Trabajos Públicos Japón.

Medina, A. & Dueñas, B. (2007) – Informe de zonas críticas de la Región Amazonas.

Medina, L.; Vílchez, M.; Dueñas, SH. (2009). Riesgo geológico en la Región Amazonas. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 39, 205 p.

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

Rosenberg, M (2020). Differences Between Hills and Mountains. Retrieved. <https://www.thoughtco.com/difference-between-hill-and-mountain-4071583>.

Sánchez, A. (1995). Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba, y Bolívar. Boletín del INGEMMET, Serie A: Carta Geológica Nacional, v. 56, 287 p.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.

Villacorta, S.; Fidel, L. & Zavala, B. (2012) - Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69(3), 393–399.

Zinck, A. (1987). Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología.

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES



Figura 27. Vista de los deslizamientos que afectan los poblados El Tigre y Vista Alegre.

ANEXO 2: GLOSARIO

Deslizamiento

Según la Guía para Evaluación de Amenazas de Movimientos en Masa en la Región Andina (PMA, 2007), los deslizamientos son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (figura 28).

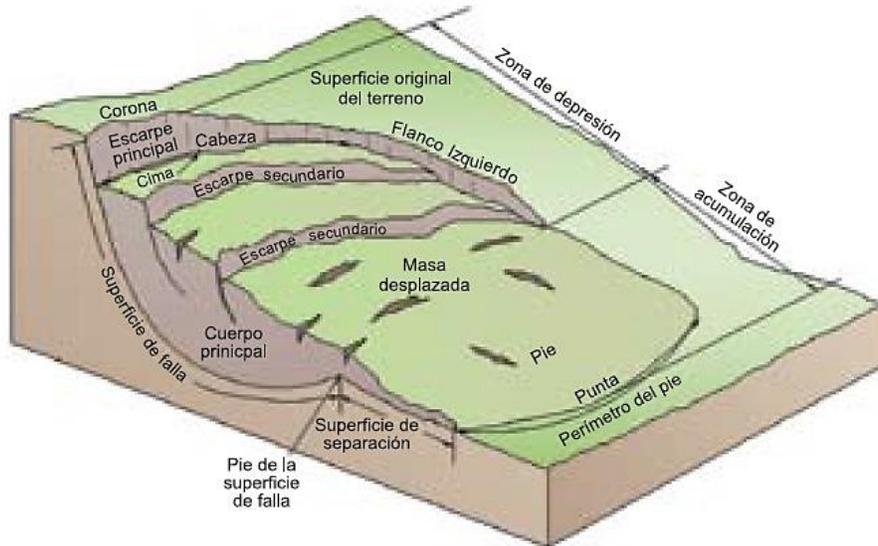


Figura 28. Diagrama de bloque de un deslizamiento (WP/WLI, 1990).

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Banquetas

En la parte inferior de un talud, la descarga y velocidad del agua superficial aumentan, causando el incremento de las fuerzas de socavación. En este caso, la velocidad de la corriente puede reducirse al proporcionar una banqueta casi horizontal a la mitad del talud, o la concentración de agua superficial en la parte inferior del talud puede prevenirse al construir una zanja en la banqueta para drenar el, agua hacia afuera del talud. La banqueta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetas deben diseñarse tomando en cuenta la dificultad de inspeccionar y reparar, la pendiente del talud, la altura de corte, los suelos del talud, los costos y otras condiciones (figura 29).

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 a 2 m de ancho cada 5 a 10 m de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud.

Una banqueta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

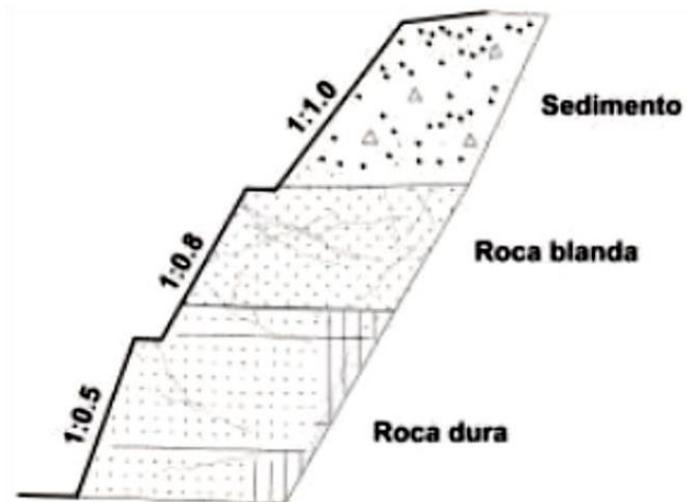


Figura 29. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004).