

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7055

EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO MISQUIYACU ALTO

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



MAYO
2020

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	2
3. ASPECTOS GENERALES.....	3
3.1. Ubicación	3
3.2. Accesibilidad	3
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	5
4.1. Geología local.....	5
4.1.1. Formación Sambimera Miembro Superior (PN-s/s)	6
4.1.2. Formación Sambimera Miembro Inferior (PN-s/i)	6
4.1.3. Depósitos Cuaternarios Recientes.....	7
5. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO.....	9
5.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)	9
5.2. Mapa de Pendientes.....	9
5.3. Susceptibilidad a Movimientos en masa	9
5.4. Unidades Geomorfológicas.....	14
5.4.1. Unidad de lomadas.....	14
5.4.2. Unidad de Piedemonte	14
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	17
6.1. Definición de deslizamientos	17
6.2. Procesos de remoción en masa	19
6.2.1. Deslizamientos recientes en el centro poblado Misquiyacu Alto	19
a) Deslizamiento reciente (DR-01).....	19
b) Deslizamiento reciente (DR-02).....	20
c) Deslizamiento reciente (DR-03).....	21
d) Deslizamiento reciente (DR-04).....	23
6.3. Reconstrucción topográfica de relieves afectados por deslizamientos	24
7. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS	26
7.1. Factores condicionantes.....	26
7.1.1. Litología y Depósitos Cuaternarios.....	26
7.1.2. Pendientes	27
7.2. Factores desencadenantes	28
7.2.1. Precipitaciones pluviales.....	28

7.2.2. Canal de riego.....	29
8. DAÑOS	30
8.1. Canal de riego Santa Isabel – Misquiyacu.....	30
8.2. Institución Educativa N° 279 Misquiyacu Alto	31
8.3. Viviendas.....	31
9. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN	31
9.1. Medidas estructurales para captación de flujos de escorrentía	32
9.1.1. Canal de coronación	32
9.1.2. Sistemas de drenaje espina de pescado	32
9.1.3. Banquetas	33
CONCLUSIONES.....	34
RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS	36

EVALUACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO MISQUIYACU ALTO (Distrito de Cajaruro, Provincia Utcubamba, Región Amazonas)

RESUMEN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) con el objetivo de contribuir con el desarrollo sostenible del país, realizó la evaluación geológica y geodinámica del centro poblado Misquiyacu Alto con la finalidad de determinar los tipos de Peligros Geológicos que afectan el área urbana, además de determinar las zonas susceptibles a la ocurrencia de nuevos procesos activados por lluvias intensas.

La zona de estudio pertenece al distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas y se ubica noreste de la ciudad de Bagua Grande. Los movimientos en masa se han registrado desde el año 2000 y se han reactivado durante el Niño Costero 2017 y recientemente en la temporada de lluvias del 2019, los escarpes de los deslizamientos han afectado terrenos de cultivos, vías de acceso, canales de riego y viviendas.

La litología presenta afloramientos de arcillitas, limoarcillitas, limolitas y tobas en capas rojizas, pardo amarillentas a grises, este tipo de secuencias pertenecen a la Formación Sambimera, las capas superficiales se muestran fracturadas y meteorizadas. Los depósitos Cuaternarios están conformados por gravas angulosas a subredondeadas constituyendo un medio poroso y susceptible a procesos de erosión.

El área urbana de Misquiyacu Alto se localiza sobre una lomada en rocas sedimentarias con pendiente llanas a suavemente inclinadas modeladas por antiguos procesos de remoción en masa y escorrentía superficial, el piedemonte aluvial tiene pendientes moderadas a suavemente inclinadas; mientras que, los abanicos aluviales se encuentran al este con relieves fuertemente inclinados.

La geodinámica de la zona de evaluación se encuentra activa, los factores condicionantes como los tipos de rocas y suelos son susceptibles a deslizamiento que pueden reactivarse en presencia de lluvias intensas o sismos de regular intensidad, los daños que podrían ocasionar futuros eventos son graves afectaciones a pobladores e infraestructura vital (viviendas, entre otros), por lo que es necesario considerar las características y ubicación de los deslizamientos descritos y las medidas correctivas expuestas en este informe.

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 en masa. Además, se debe de considerar reubicar las viviendas que se encuentran cerca al escarpe principal de los deslizamientos.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), brinda asistencia técnico-científica e información oportuna y accesible en gestión de riesgo de desastres a los gobiernos regionales y locales a través de la caracterización y evaluación de zonas urbanas o rurales, que son afectadas por movimientos en masa que pudieran desencadenar en desastres. Mediante Oficio N° 328-219-MDC la Municipalidad Distrital de Cajaruro en coordinación con la Oficina Local de Defensa Civil, solicitó la evaluación de peligros geológicos del centro poblado Misquiyacu Alto.

El INGEMMET y la DGAR designaron a los Ing. Cristhian Chiroque y Luis León para realizar la inspección geológica, geomorfológica y geodinámica de los procesos de remoción en masa ocurridos en las inmediaciones del área urbana. Los trabajos de campo consistieron en la identificación y caracterización de los tipos de peligros geológicos y descripción de los factores condicionantes que intervienen en la ocurrencia de los mismos tales como los depósitos aluviales y afloramientos de rocas; además de, las geoformas del relieve. Esta información fue complementada con la recopilación de antecedentes, descarga de imágenes satelitales y levantamiento fotogramétrico con drones que sirvieron para realizar la fotointerpretación de los eventos ocurridos en la zona.

A continuación, se detallan los resultados de la interpretación geológica y geodinámica de los eventos evaluados, se brinda conclusiones y recomendaciones puntuales que servirán para mitigar los daños causados a las viviendas y estructuras asentadas en y próximas a los eventos geodinámicos. El INGEMMET brinda informes como herramientas a las autoridades solicitantes para un adecuado ordenamiento territorial.

2. ANTECEDENTES

Se recopilaron los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos y geológicos del área de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- 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 lutitas y limolitas con intercalaciones de calizas y tobas grises de la Formación Sambimera Miembro Superior, además de arcillitas y limoarcillitas y margas pardo amarillentas a grises.
- Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina, et al. 2009). El estudio destaca que la zona presenta alta susceptibilidad a 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.
- 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.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación

El centro poblado Misquiyacu Alto se ubica a 12.1 km al noreste de la ciudad de Bagua Grande, la zona de evaluación pertenece al distrito Cajaruro, provincia de Utcubamba en la región Amazonas (figura 01). Las coordenadas centrales del área de inspección con referencia al centroide de la plaza principal son WGS84-17S 795392E, 9364801N a una altitud promedio de 878 m s.n.m.

3.2. Accesibilidad

El equipo de trabajo desplazó desde la ciudad de Cajamarca, para luego dirigirse hacia el norte rumbo a Chota, desde aquí se continuó hasta el cruce del centro poblado San Juan de Chiple (cruce Chiple) tomando la vía Fernando Belaunde Terry con dirección a Bagua Grande.

Desde Bagua Grande existe un tramo asfaltado de 18 km que pasa por los sectores Curva Santa Cruz y Naranjos Altos hasta el poblado Santa Isabel a través de vía asfaltada, hacia el poblado Misquiyacu Alto existe una trocha afirmada de 2 km. En total la ruta se realiza en 9 horas aproximadamente (Cuadro 01).

Cuadro 01. Itinerario de traslado a la zona de estudio.

Ruta	Tipo de Vía	Estado de conservación	Tiempo (horas)
Cajamarca – Chota	Asfaltada	Regular	4 h
Chota – Cruce Chiple	Asfaltada	Regular	3 h 15 min
Cruce Chiple – Bagua Grande	Asfaltada	Bueno	1 h 15 min
Bagua Grande – Naranjos Altos	Asfaltada	Bueno	20 min
Naranjos Altos – Santa Isabel	Asfaltada	Regular	10 min
Santa Isabel – Misquiyacu Alto	Trocha afirmada	Regular	10 min

Fuente: Elaboración propia.

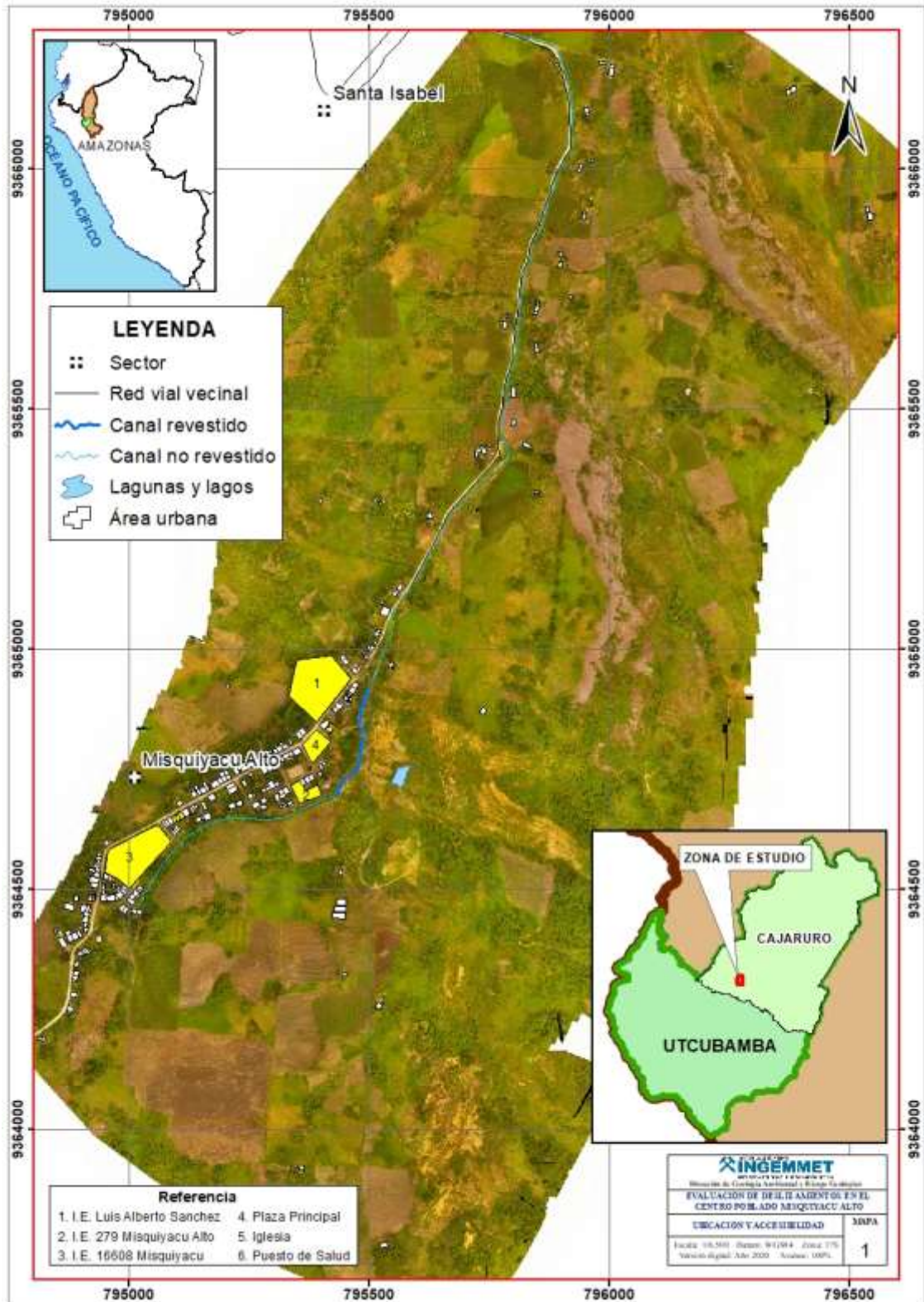


Figura 01. Ubicación de la zona de estudio.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La zona de estudio se localiza 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 del centro poblado Misquiyacu Alto afloran sedimentos de la Formación Sambimera conformados por arcillitas y limoarcillitas, 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 arcillitas y limolitas grises a verdes correspondientes a la Formación Celendín (figura 02).

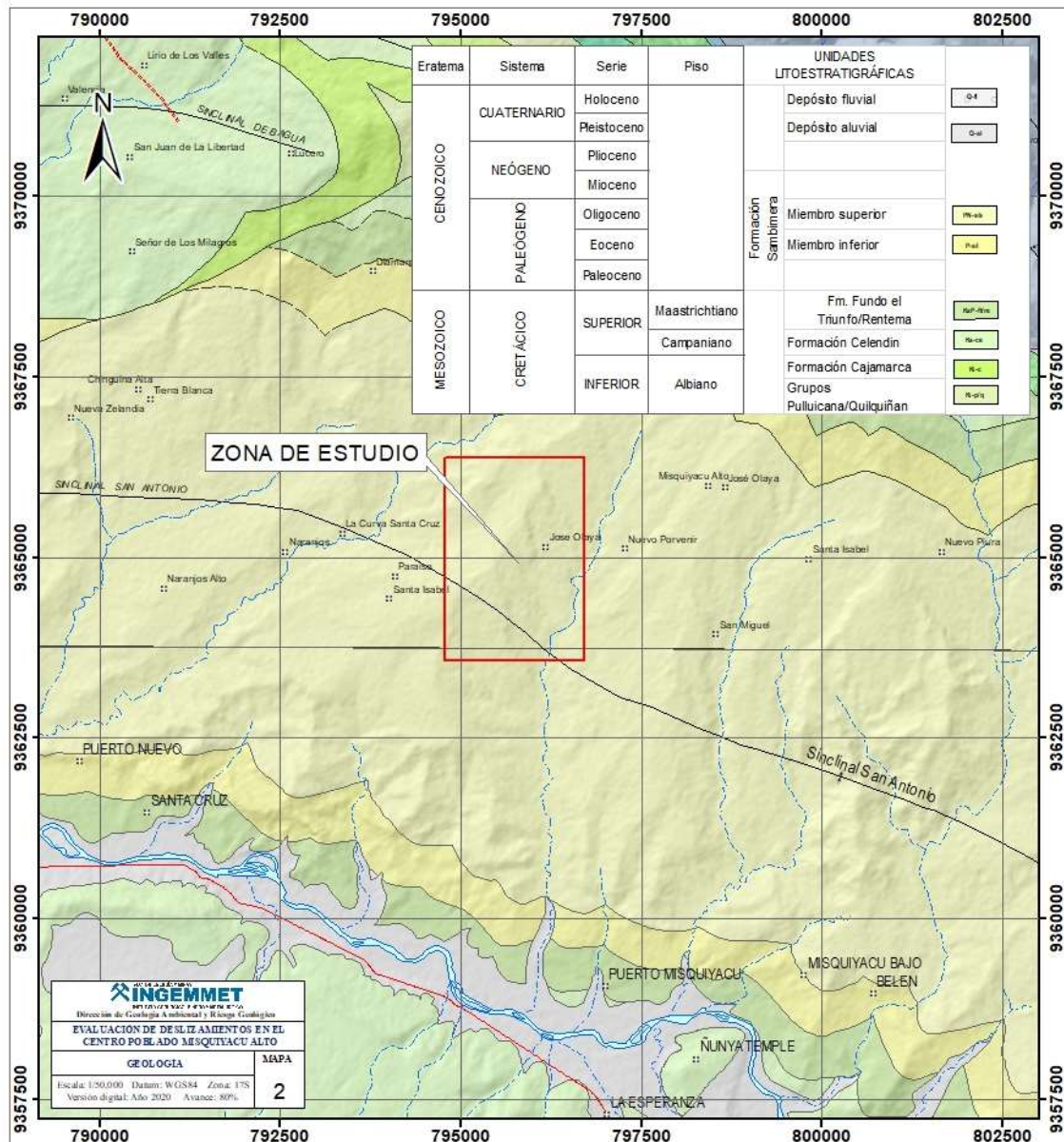


Figura 02. Geología del cuadrángulo de Bagua Grande y el área de intervención (Chacaltana et al., 2011).

4.1. Geología local

Los afloramientos observados en la zona se encuentran con intensa meteorización y fracturamiento formando parte del flanco descendente del Sinclinal de San Antonio que inicia desde San Antonio, Naranjos Altos y Puerto Naranjitos cruzando por debajo de la zona urbana del centro poblado Misquiyacu Alto (figura 07). La gran parte de rocas

expuestas a procesos de deformación por compresión que originan fallas, microfallas verticales o fracturamiento sin desplazamiento.

4.1.1. Formación Sambimera Miembro Superior (PN-s/s)

Son afloramientos de arcillitas y limolitas pardo rojizas con intercalaciones de calizas y tobas grises que presentan microfallas, este tipo de secuencias se observan en los escarpes de los deslizamientos ubicados en la entrada del centro poblado Misquiyacu y a escasos metros de Santa Isabel (figura 03).



Figura 03. Secuencias conformadas por limoarcillitas rojizas formando el sinclinal de San Antonio.

4.1.2. 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 blancas (figura 04).



Figura 04. Secuencia sedimentaria de limolitas tobáceas color blanquecinas.

4.1.3. Depósitos Cuaternarios Recientes

Los materiales inconsolidados están conformados por minerales, materia orgánica, agua y aire en los espacios vacíos entre sus poros, estos se generan a partir de la alteración de una roca pre-existente causada por los agentes atmosféricos que erosionan, transportan y depositan estos sedimentos formando una cobertura reciente de variada naturaleza y litología.

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. (figuras 05 y 06).



Figura 05. Materiales aluviales conformados por gravas angulosas en matriz limo arenosa.



Figura 06. Cortes de talud expuestos debido a los deslizamientos próximas al área urbana.

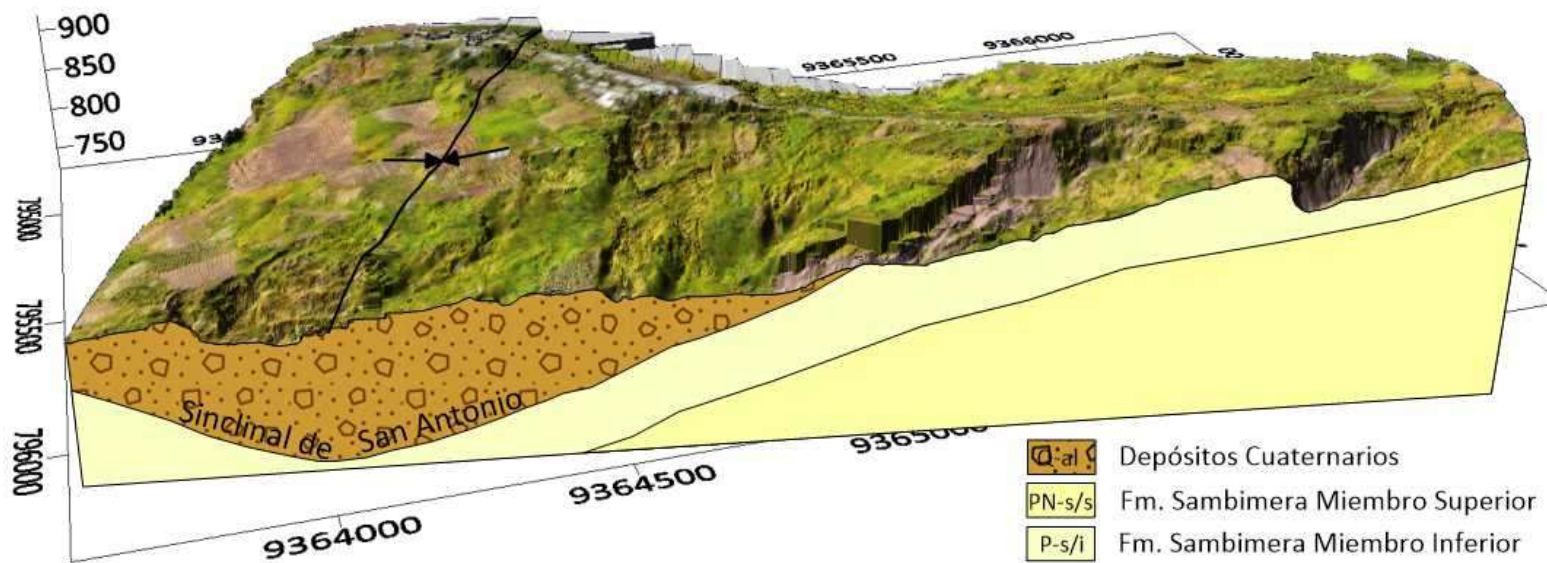


Figura 07. Perfil longitudinal en donde se pueden observar los flancos ascendentes y descendentes del Sinclinal de San Antonio.

5. ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

Para el estudio de la geomorfología existente en el centro poblado Misquiyacu Alto se recopiló imágenes satelitales y se elaboró un modelo digital de elevación y mapa de pendientes para caracterizar la morfometría del relieve; además, se tomó en cuenta el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, para posteriormente relacionarlo con las geoformas de la zona de estudio.

5.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

El área urbana del centro poblado Misquiyacu Alto se asienta principalmente sobre un relieve con elevaciones entre 865 m s.n.m y 885 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al noreste con superficies que alcanzan los 920 m s.n.m. de altitud y sobre los cuales existen viviendas dispersas. Los deslizamientos se desarrollan desde los 907 m s.n.m. de altitud con desniveles que descienden hasta 50 m. Hacia el suroeste de la zona urbana se encuentran las cotas más bajas llegando a descender hasta 696 m s.n.m. (figura 08).

5.2. Mapa de Pendientes

En la etapa de campo se delimitó el área de intervención, la cual abarcó 224 has, del análisis del mapa de pendientes se determinó que el 17% equivalente a 38 has presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas, el 51% aproximadamente 114 has presenta pendientes moderadas (5°-15°); mientras que, el 33% (73 has) son superficies con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - 90°). Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas (25° - >45) abarcan 26 has y representan los escarpes de los deslizamientos ocurridos próximos a la zona urbana de Misquiyacu Alto (figura 09).

Tabla 01: Rangos de pendientes del terreno

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte
>45	Muy escarpado

Gómez et al. (2020)

5.3. Susceptibilidad a Movimientos en masa

El INGEMMET a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), elaboró en el año 2009 el "Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú" escala 1:1 000 000. El mapa tiene como objetivos plantear un modelo que indique las zonas de mayor exposición a proceso de remoción en masa, a fin de contar con una herramienta dinámica para la gestión de riesgos; priorizar escenarios donde se desarrollen estudios específicos, así como plantear las medidas de prevención o mitigación para asegurar la estabilidad física de zonas urbanas y/o infraestructuras vulnerables. El logro de estos objetivos tiene como paso previo, el inventario y/o cartografiado a nivel nacional de movimientos en masa.

El modelo de susceptibilidad, utilizó un modelo heurístico multivariado, que implica el análisis cruzado de mapas y geoprocésamiento. Para la validación del modelo se utilizó el Inventario de Peligros Geológicos nacional, resultando que el 86% de movimientos en masa inventariados, se concentran en las categorías de alta a muy alta susceptibilidad.

Debido a la ocurrencia del Niño Costero 2017, el INGEMMET puso a disposición la plataforma virtual "Perú en Alerta", en donde se puede observar e identificar un punto

específico en el territorio expuesto a peligros geológicos como zonas susceptibles a ocurrencia de deslizamientos, caída de rocas, flujos, inundaciones, entre otros.

La zona de estudio presenta una susceptibilidad media a baja ante la ocurrencia de movimientos en masa y abarca el 62% del centro poblado Misquiyacu Alto hasta el centro poblado Puerto Naranjitos (figura 10).

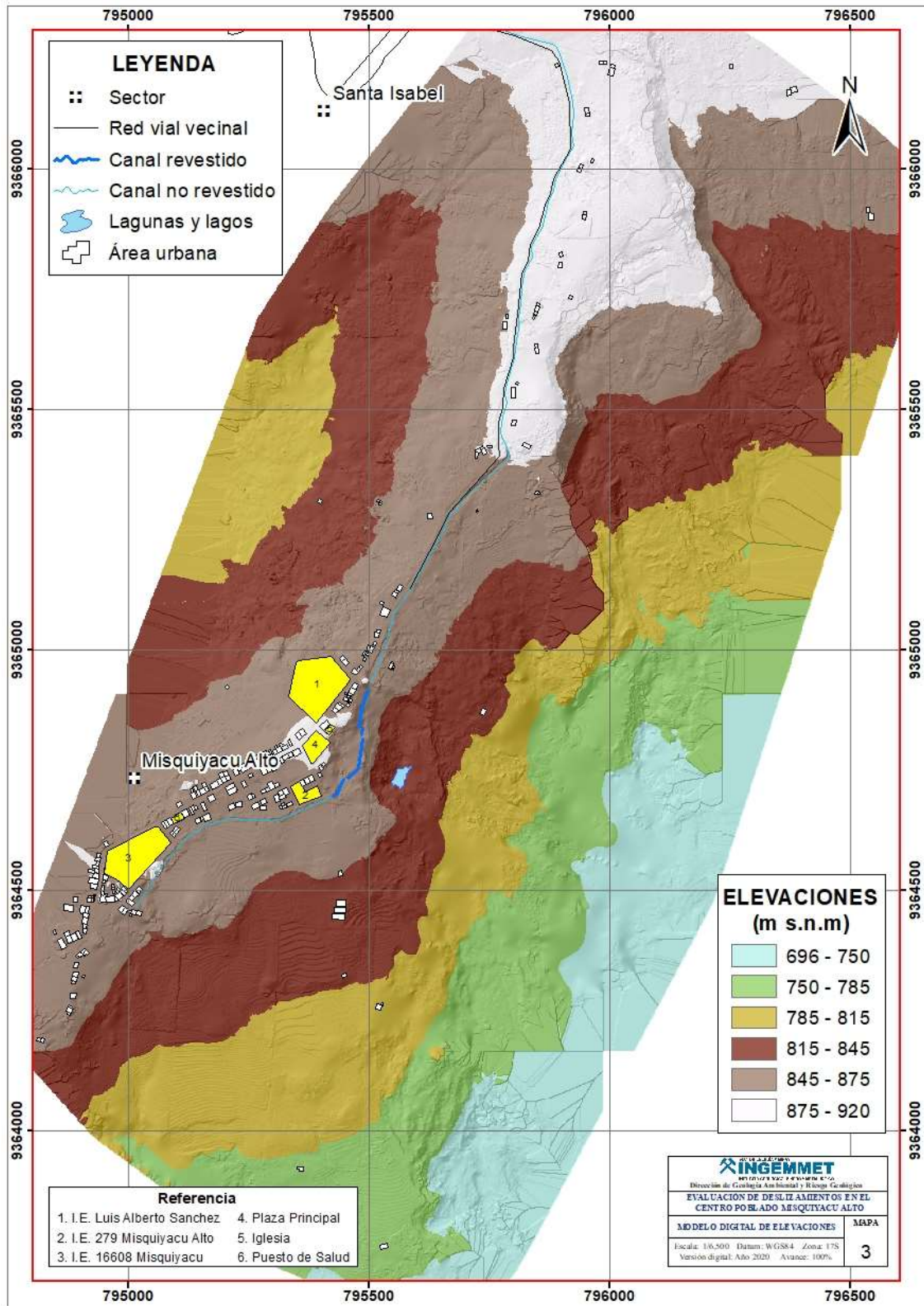


Figura 08. Modelo digital de elevaciones (MDE).

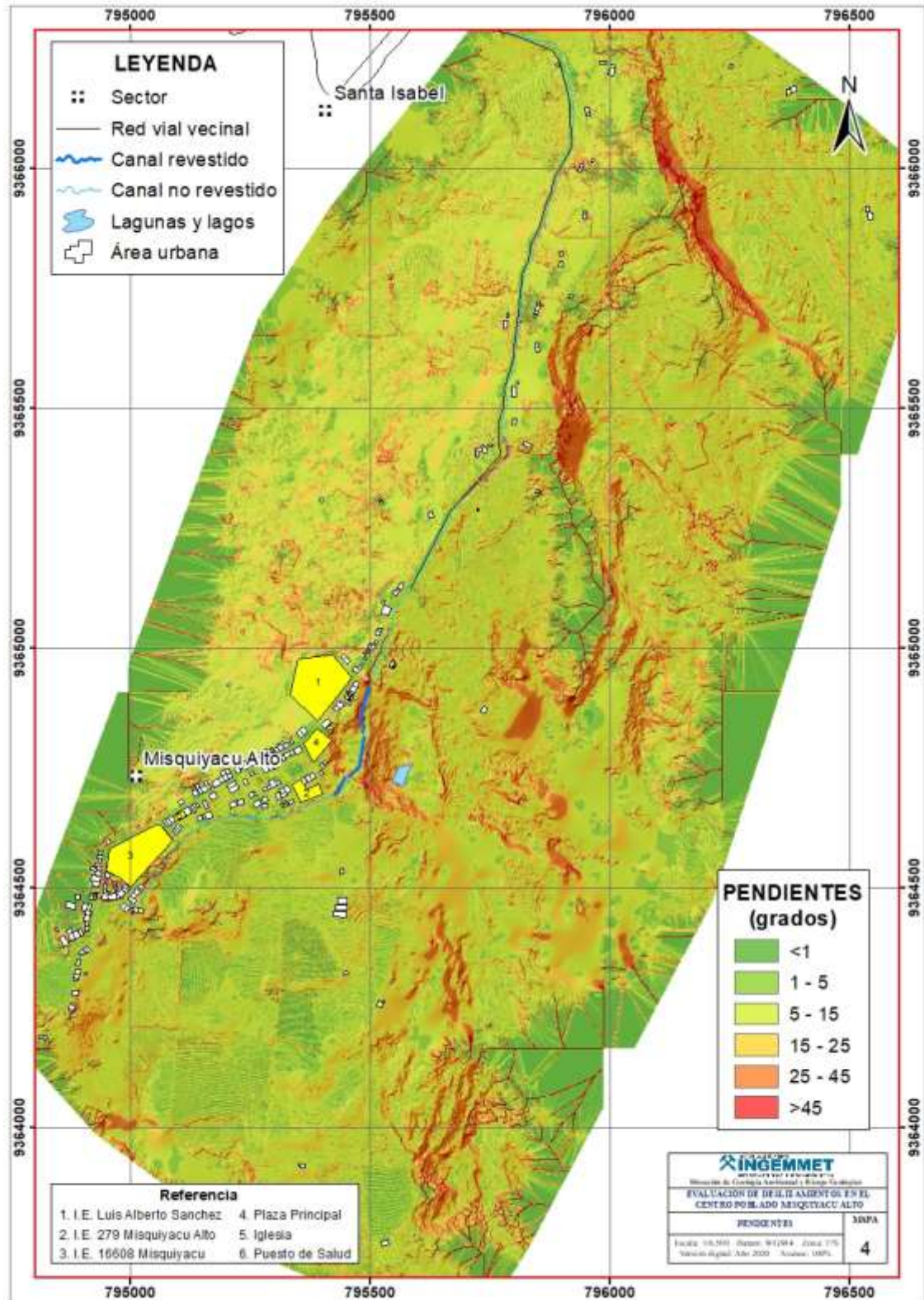


Figura 09. Mapa de pendientes.

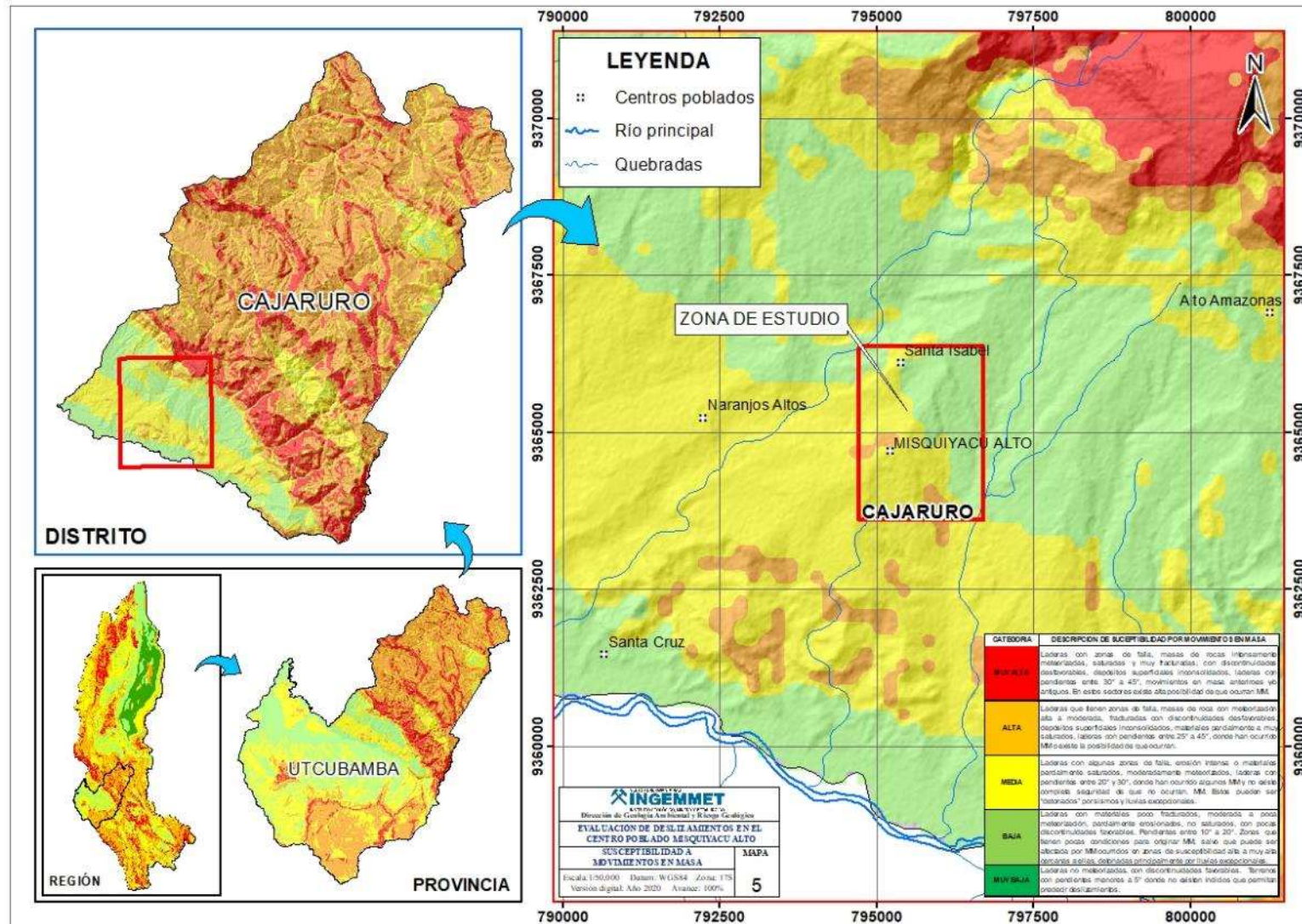


Figura 10. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la zona de evaluación (Villacorta et al. 2012).

5.4. Unidades Geomorfológicas

Según la geomorfología a escala regional contenida en el GEOCATMIN, la zona se asienta sobre una montaña en roca sedimentaria, a escala local se han identificado lomadas, piedemontes y abanicos aluviales desarrollados sobre materiales sedimentarios.

5.4.1. Unidad de lomadas

Las lomas o lomadas son elevaciones del terreno con cimas subredondeadas a semiplanas y pendientes menores a 15°. Se caracterizan por presentar una configuración basal alargada y con dos vertientes que se inclinan en dirección opuesta lo que define el drenaje de tipo enrejado.

a) Subunidad de lomadas estructurales en roca sedimentaria (RCL-rs)

El 95% del área urbana del centro poblado Misquiyacu Alto se asienta sobre una lomada con pendientes llanas a suavemente inclinadas y alcanza elevaciones máximas y mínimas de 890 m s.n.m y 858 m s.n.m, estas superficies fueron modeladas por antiguos procesos de remoción en masa formando una extensa cobertura aluvial sobre rocas sedimentarias (figura 11).



Figura 11. Lomada donde se asientan el área urbana del centro Misquiyacu, vista de norte a sur.

5.4.2. Unidad de Piedemonte

El piedemonte aluvial es una geoforma de transición entre las montañas y los abanicos aluviales o zonas más llanas o planas, presenta pendientes suavemente inclinadas, su origen está relacionado al emplazamiento de depósitos provenientes de antiguos procesos de remoción en masa.

a) Subunidad de piedemonte aluvial (P-al)

En la zona de evaluación existe un piedemonte que limita las lomadas con los abanicos aluviales, sobre estas geoformas se han desarrollado extensas zonas de cultivos (figura 12).

b) 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 bajas 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 (figura 13).



Figura 12. Piedemonte ubicado al oeste de la zona urbana de Misquiyacu, limitando con la lomada próxima al sector Santa Isabel, vista de este a oeste.

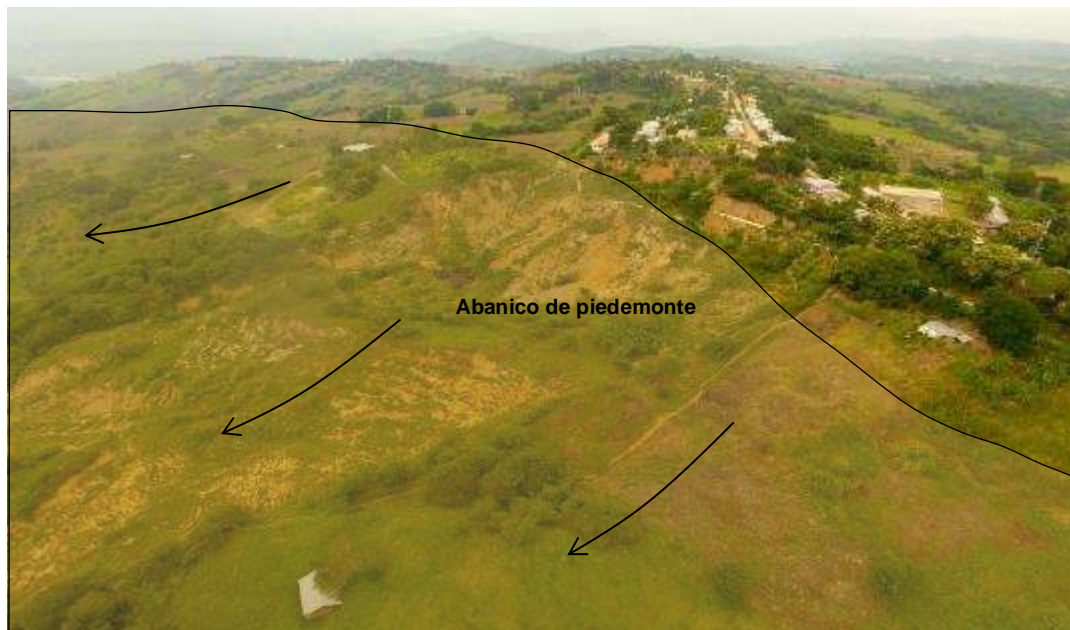


Figura 13. Fase proximal del abanico aluvial vista de noreste a suroeste.

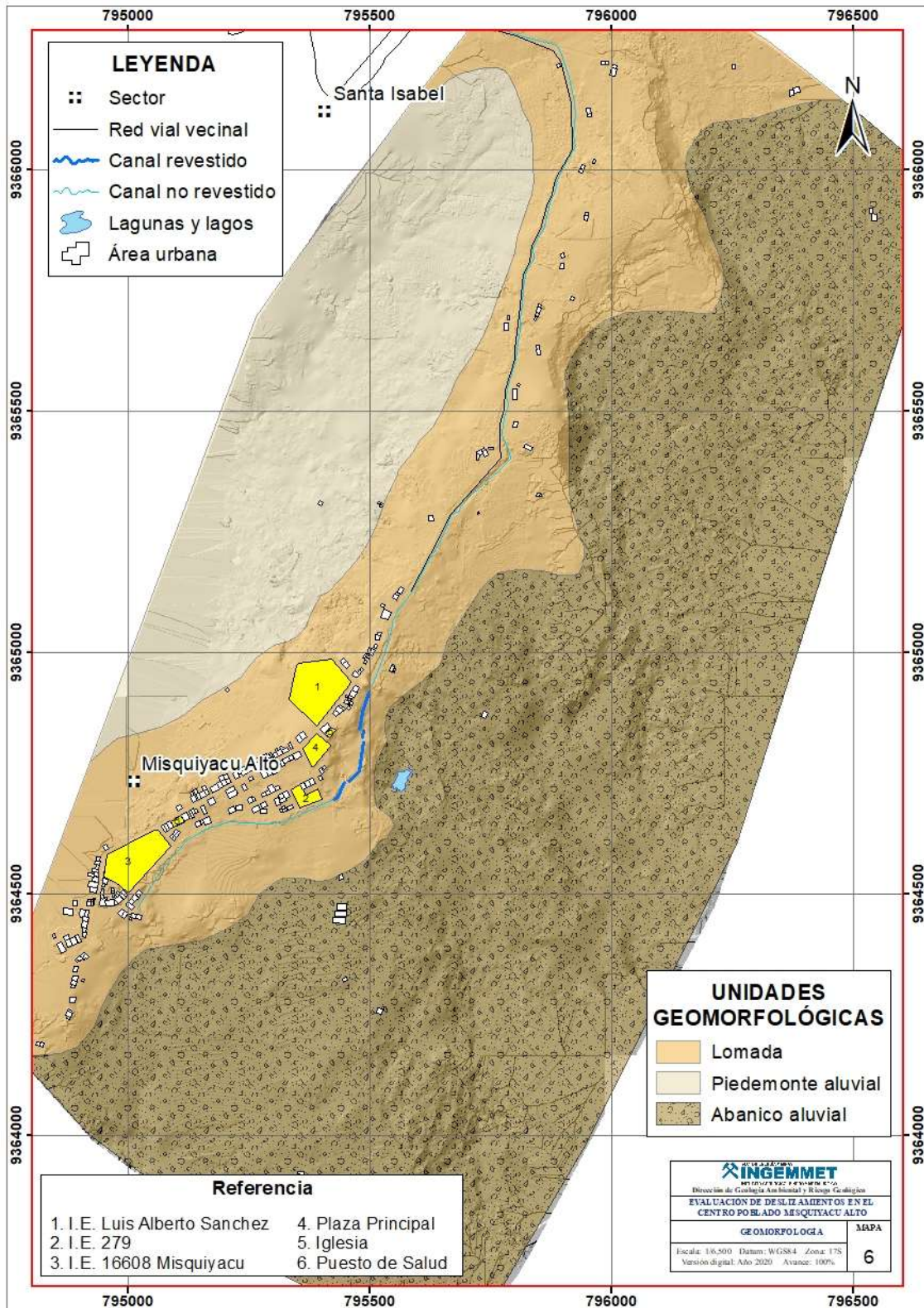


Figura 14. Unidades geomorfológicas en el centro poblado Misquiyacu Alto.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

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).

El INGEMMET como institución técnico científica realiza la cartografía geológica a nivel nacional y el estudio de los peligros geológicos tales como los procesos por remoción en masa que puedan afectar áreas urbanas, servicios, infraestructura, etc.

Se realizaron los trabajos de campo en donde se identificaron los tipos de movimientos en masa basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas, ortofotos imágenes satelitales y modelos digitales de terreno.

A continuación, se detallan los conceptos más utilizados y aceptados en la bibliografía a cerca de los procesos de remoción en masa:

6.1. Definición de deslizamientos

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 15).

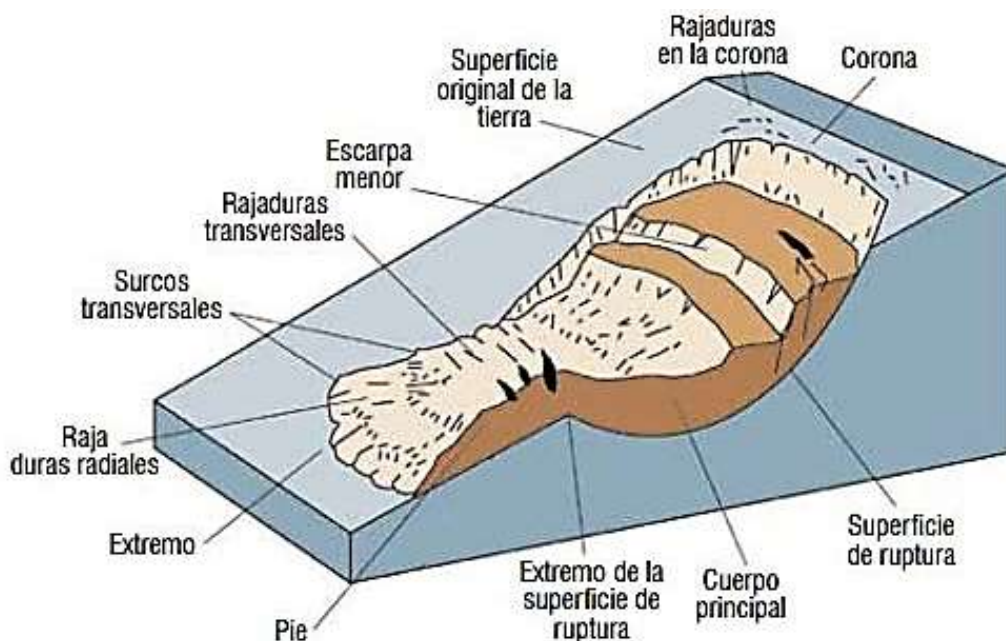


Figura 15. Deslizamiento de tipo rotacional, Adaptado de USGS (2008), GEMMA: PMA-GCA (2007).

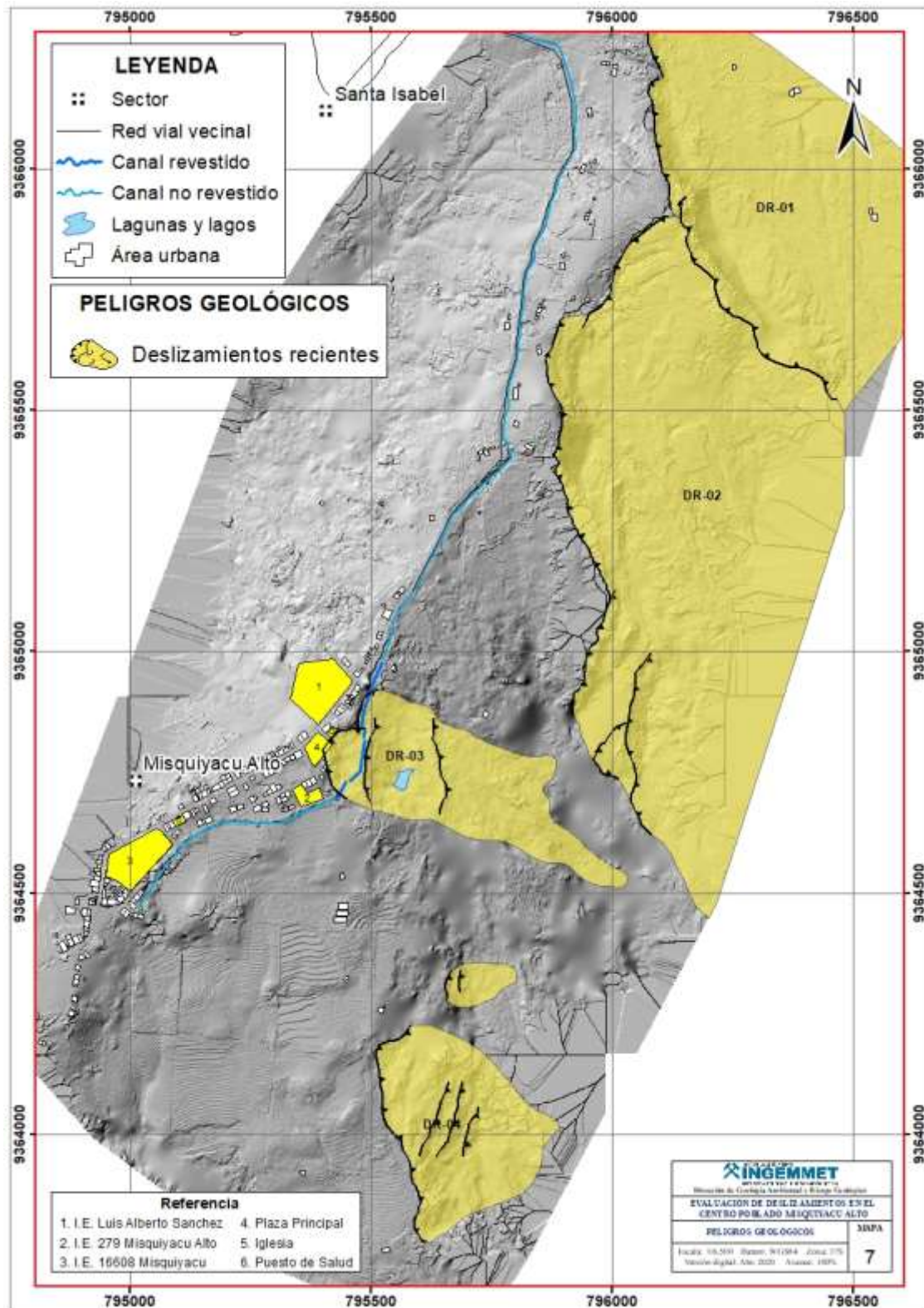


Figura 16. Mapa de Peligros Geológicos de la zona de estudio.

6.2. Procesos de remoción en masa

En este ítem se describen los procesos de remoción en masa desde el punto de vista geológico y geomorfológico caracterizando la geometría de los deslizamientos.

Se han definido 04 deslizamientos reactivados (DR) con actividad geodinámica durante los años 2017 (Niño Costero) y 2019 (Temporada de lluvias), los antecedentes de los deslizamientos datan desde el año 1999-2000, 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.

6.2.1. Deslizamientos recientes en el centro poblado Misquiyacu Alto

a) Deslizamiento reciente (DR-01)

Se ubica a 1.1 km, 1.2 km y 680 m al noreste de la I.E. Luis Alberto Sánchez, Plaza Principal de Misquiyacu y centro poblado Santa Isabel respectivamente, es el proceso de remoción que se encuentra a mayor distancia de la zona urbana, afecta principalmente a áreas de cultivo, caminos de herradura y cerca de 15 viviendas distribuidas próximas y dentro del cuerpo del deslizamiento (figura 17).



Figura 17. Vista de este a oeste de los deslizamientos antiguos próximos a la zona urbana del centro poblado Santa Isabel.

El escarpe de forma elongada está dividido en tres tramos que llegan a medir en total 1094 m de longitud y se emplaza de noroeste a sureste, los materiales sedimentarios tienen un movimiento preferencial de norte a sur y de noroeste a sureste, el cuerpo del deslizamiento mide 240 m de largo y 910 m de ancho aproximadamente (figura 18).

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 10 m a 50 m de alto (figura 19).

El desplazamiento o desnivel entre el escarpe y el pie llega a 60 m, la velocidad del movimiento fue moderada sin presencia de escarpes secundarios, pero con asentamientos en el relieve de 2 m a 5 m.

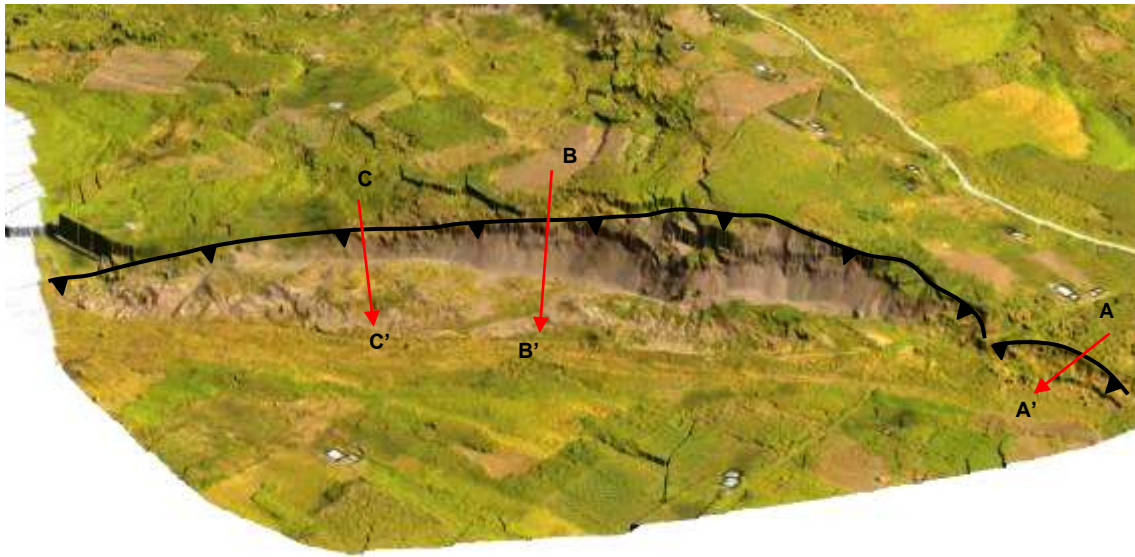


Figura 18. Vista en perspectiva de este a oeste del deslizamiento DR-01 y las líneas de perfil.

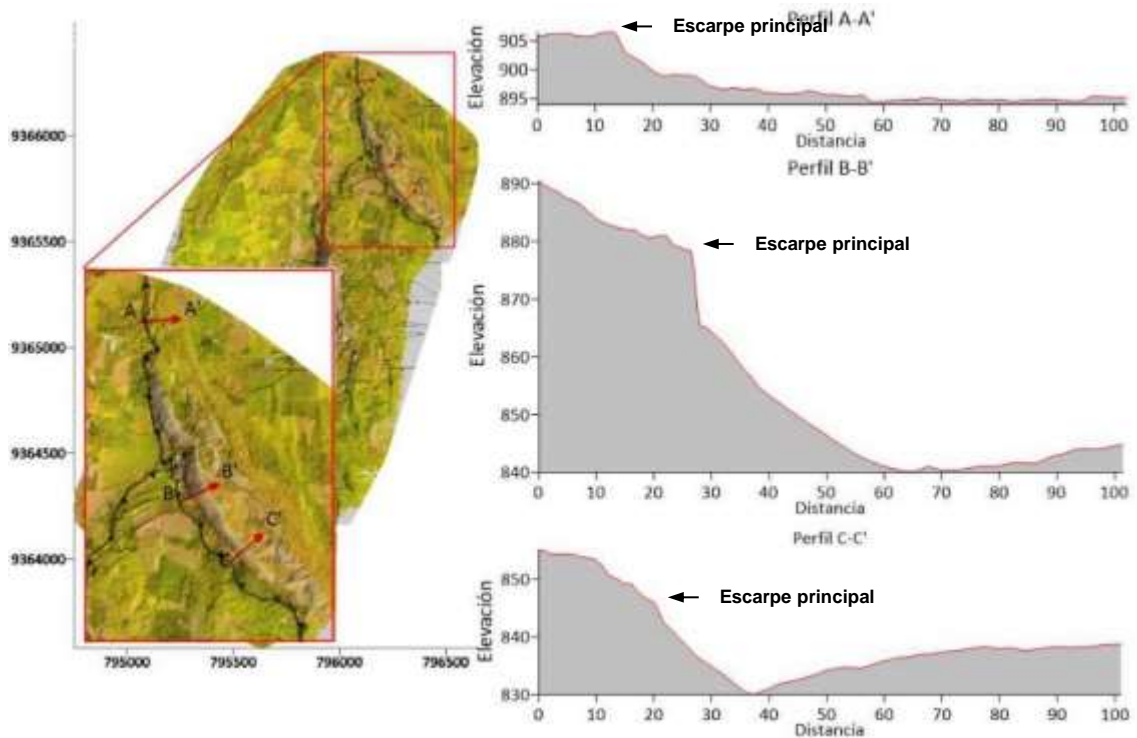


Figura 19. Perfiles transversales del deslizamiento DR-01.

b) Deslizamiento reciente (DR-02)

Se ubica a 465 m y 510 m al este de la I.E. Luis Alberto Sánchez y la Plaza Principal de Misquiyacu, afectó principalmente a áreas de cultivo y a cerca de 30 viviendas ubicadas próximas al deslizamiento.

El escarpe de forma semicircular e irregular está dividido en dos tramos que miden en total 1250 m de longitud y se emplaza de norte a sur, los materiales sedimentarios tienen un movimiento preferencial de oeste a este y de norte a sur, el cuerpo del deslizamiento mide 460 m de largo y 1415 m de ancho aproximadamente (figura 20).

En base a los perfiles transversales y vistas en perspectiva se caracterizó la morfometría del escarpe y los desniveles o saltos de falla, llegando a determinar desplazamientos que varían de 25 m a 70 m de alto (figura 21).

El desplazamiento o desnivel entre el escarpe y el pie llega a 90 m, la velocidad del movimiento fue moderada sin presencia de escarpes secundarios, pero con asentamientos en el relieve de hasta 5 m.

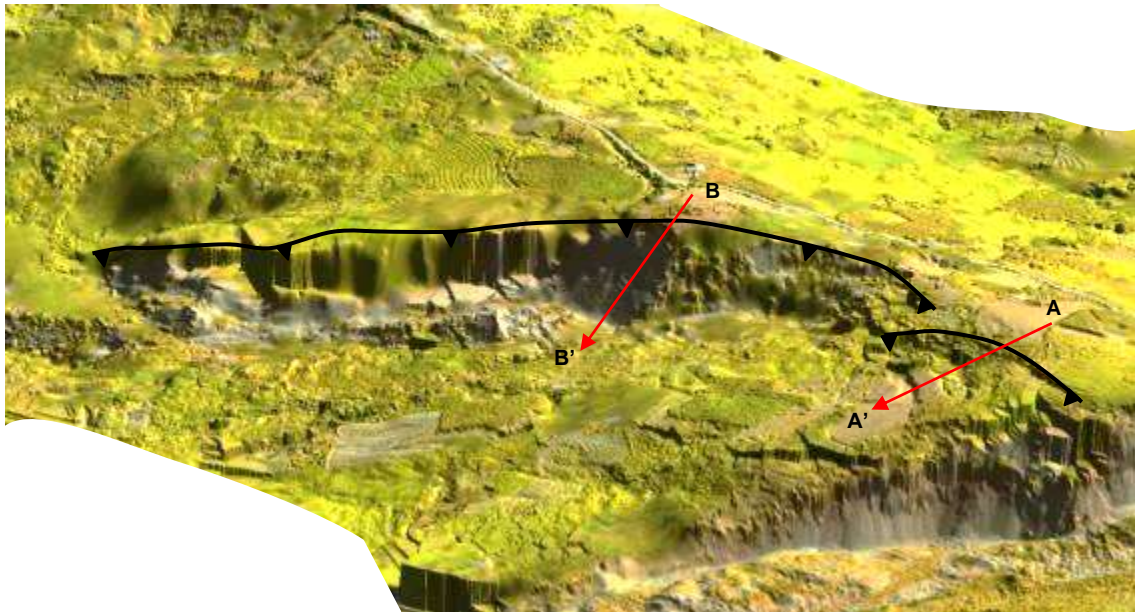


Figura 20. Vista de este a oeste del deslizamiento DR-02.

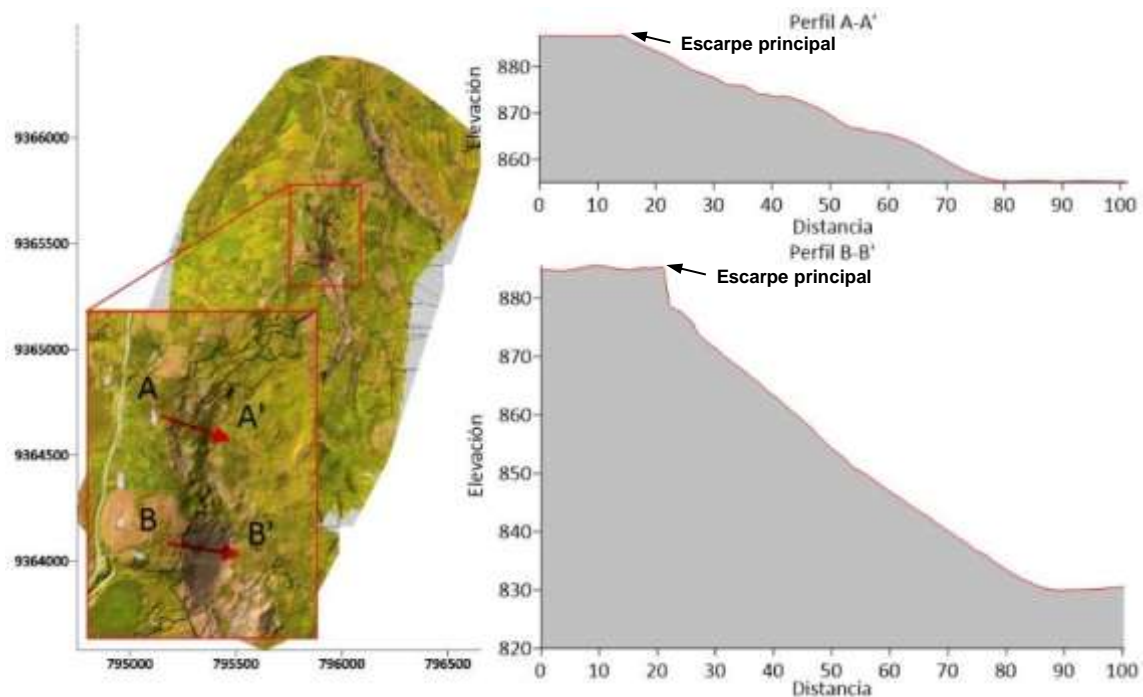


Figura 21. Perfiles transversales del deslizamiento DR-02.

c) Deslizamiento reciente (DR-03)

Este deslizamiento de tipo rotacional retrogresivo, se ubica a 42 m y 5 m al este de la I.E. Luis Alberto Sánchez y la Plaza Principal de Misquiyacu, este proceso de remoción en masa afectó 270 m de canal de concreto destruido en su totalidad, más de

10 has de terrenos de cultivo, 22 viviendas ubicadas próximas al deslizamiento y la Plaza Central destruida.

El escarpe de forma semicircular está dividido en dos tramos que miden en total 291 m de longitud y se emplaza de noreste a suroeste, el cuerpo del deslizamiento mide 632 m de largo y 200 m de ancho aproximadamente (figuras 22 y 23).

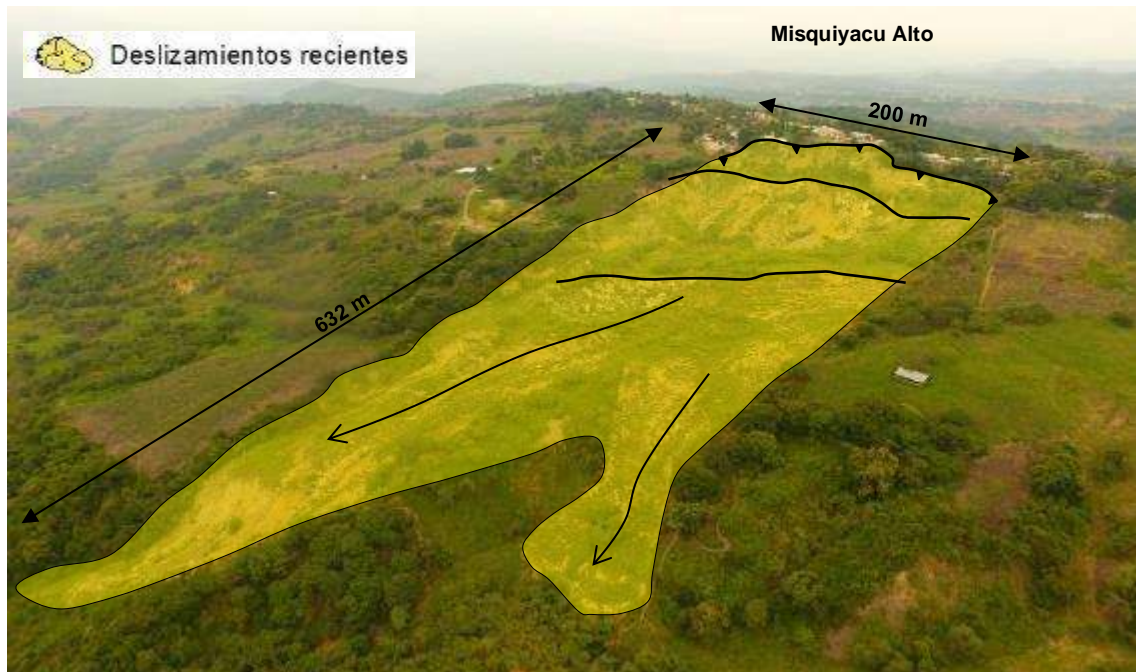


Figura 22. Vista aérea de este a oeste del deslizamiento DR-03 que afecta la zona urbana de Misquiyacu.



Figura 23. Ubicación de infraestructuras próximas al deslizamiento DR-03.

Los desplazamientos que varían de 25 m a 70 m de alto (figura 24). El desnivel entre el escarpe y el pie llega a 100 m, la velocidad del movimiento fue moderada con presencia de dos escarpes secundarios, pero con asentamientos en el relieve de hasta 10 m (figura 25).



Figura 24. Vistas del escarpe principal y el canal de concreto destruido debido al desplazamiento de los materiales.

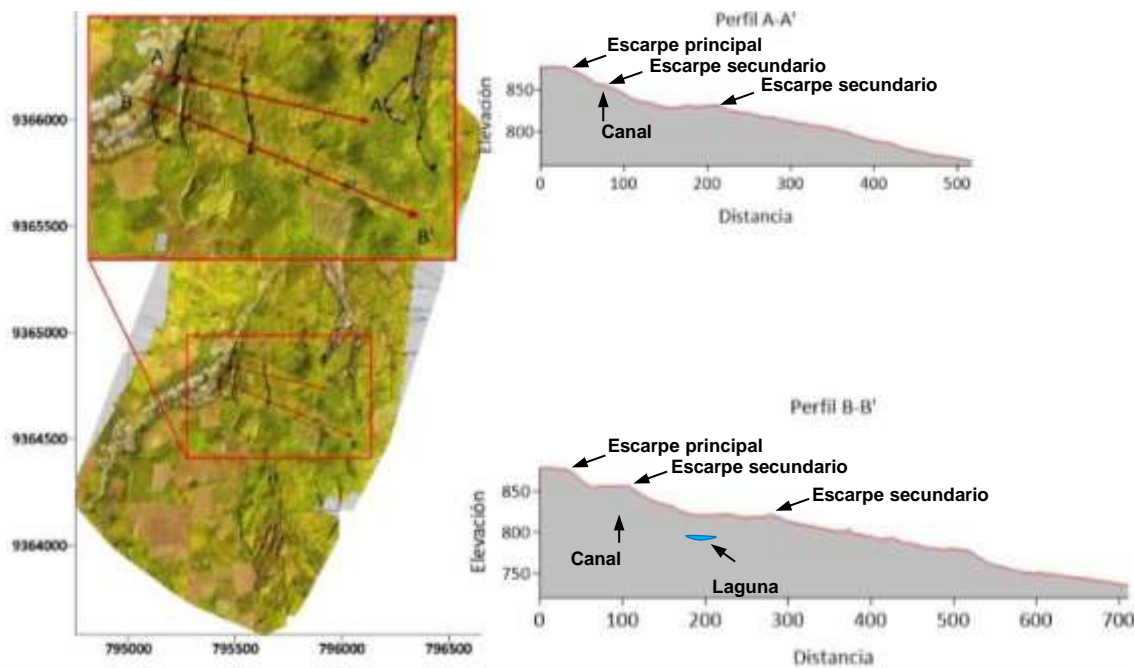


Figura 25. Perfil transversal del deslizamiento DR-03.

d) Deslizamiento reciente (DR-04)

Este deslizamiento se ubica a 520 m, 620 m y 600 m al sureste de la I.E. 279 Misquiyacu Alto, Puesto de Salud y la I.E. 16608 Misquiyacu respectivamente.

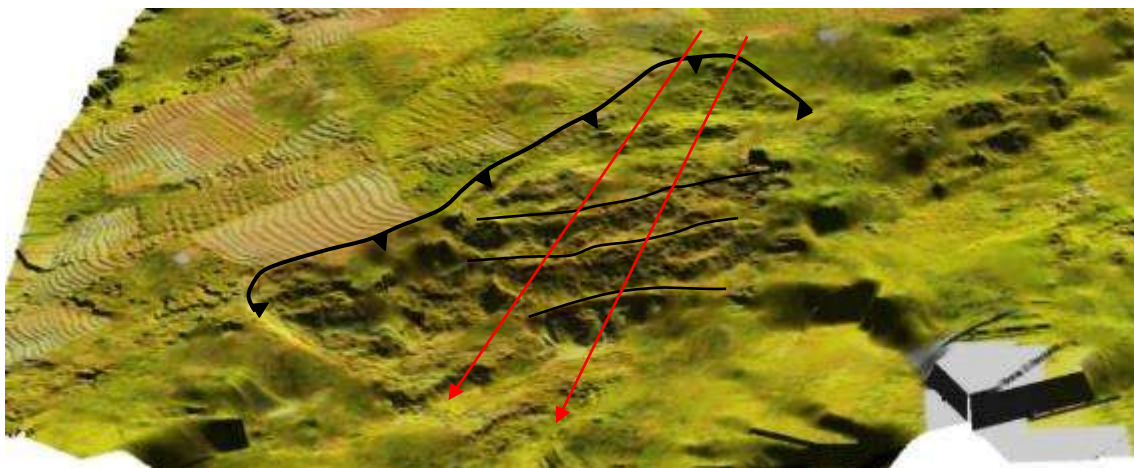


Figura 26. Vista de este a oeste en perspectiva del deslizamiento DR-04.

Definido como un deslizamiento de tipo rotacional retrogresivo presenta 03 escarpes secundarios escalonados, afectó 22 has de terrenos de cultivo y 07 viviendas próximas al deslizamiento. El escarpe de forma semicircular e irregular mide 530 m de longitud y se emplaza norte a sur, el cuerpo del deslizamiento mide 400 m de largo y 450 m de ancho aproximadamente (figura 27).

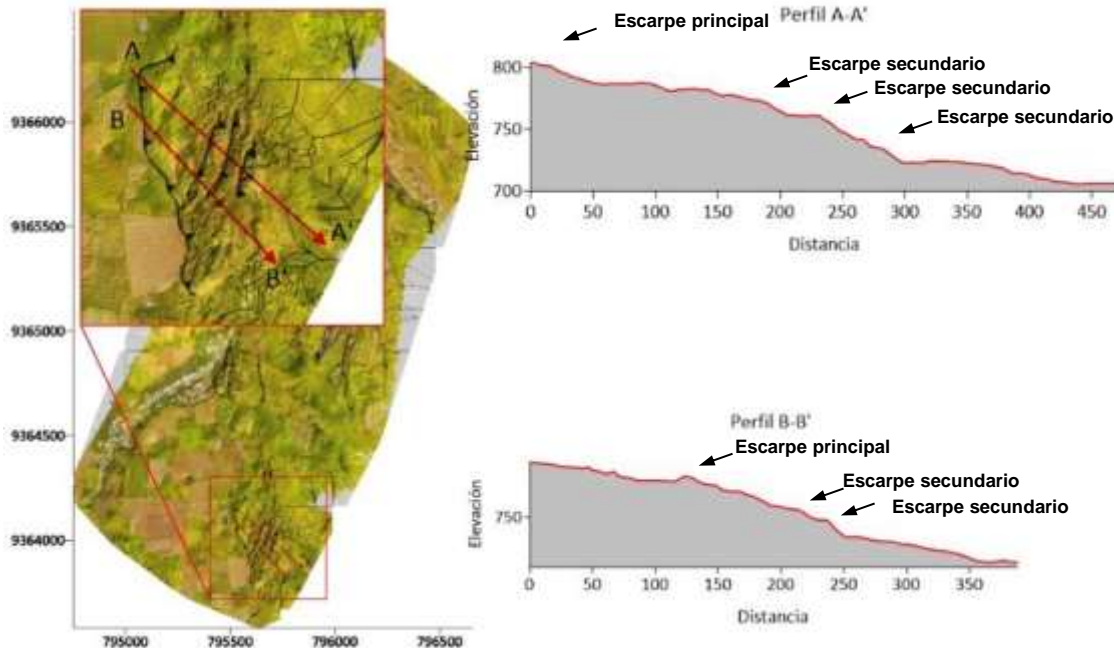


Figura 27. Perfil transversal del deslizamiento DR-04.

6.3. Reconstrucción topográfica de relieves afectados por deslizamientos

Los deslizamientos son procesos de remoción en masa que en ocasiones causan grandes transformaciones en las geoformas del relieve, debido a la gran cantidad de materiales que pueden remover y transportar, movilizan laderas completas, represan ríos y cambian la fisiografía de un paisaje.

La magnitud de estos eventos de geodinámica superficial puede ser detectada mediante la percepción remota a través de imágenes satelitales, interferometría de radar y modelos digitales de terreno de mediana a gran escala.

Para el estudio de la geodinámica de los deslizamientos se realizó la recolección, georreferenciación y análisis de modelos digitales de terreno (MDT) extraídos del servidor ASTER-GDEM V1 y V2 con resolución de muestreo en terreno de 30 m, tomadas por el sensor TERRA entre 1999 y 2007, para elaborar un mapa temático temporal.

La zona de estudio muestra deformación en el relieve desde el año 1999, en el MDT se observan geoformas onduladas al este de la zona urbana de Misquiyacu, para el 2007 el MDT muestra los escarpes formados por los deslizamientos, la magnitud de estos desplazamientos de plano de falla de hasta 60 m de altura logran ser detectados y observados por modelos de terreno de mediana escala como el servidor Aster (figura 28).

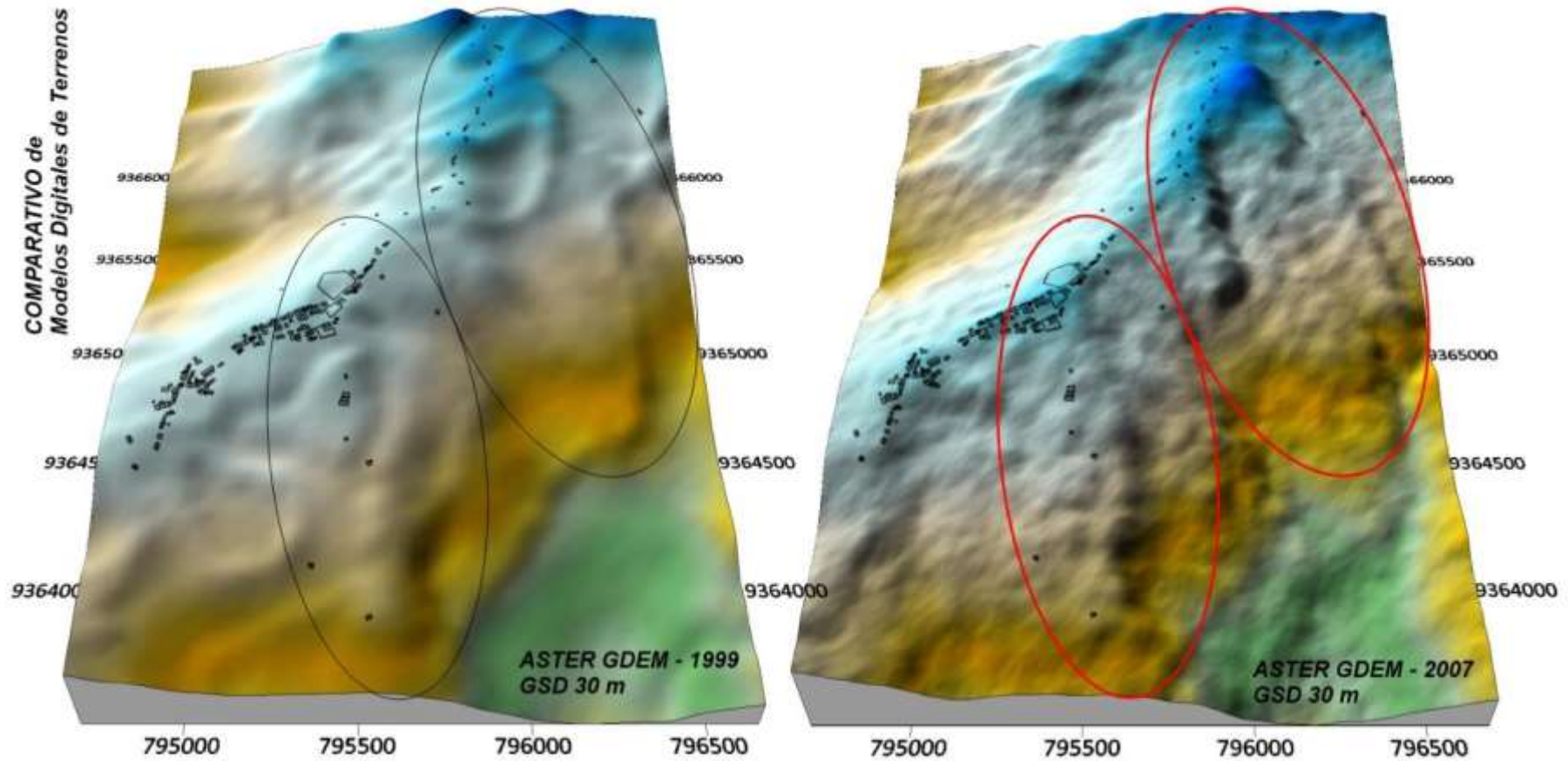


Figura 28. Modelos digitales de terreno en donde se observan los procesos de deformación de la superficie antes y después de los deslizamientos principales.

7. MECANISMOS ASOCIADOS A LA INESTABILIDAD DE LADERAS

A continuación, se describen los factores que intervienen en la ocurrencia de los deslizamientos en la zona:

7.1. Factores condicionantes

7.1.1. Litología y Depósitos Cuaternarios

Los tipos de rocas predominantes en la zona de estudio están conformados por limoarcillitas, limolitas y tobas amarillentas y pardo rojizas. Estas capas constituyen secuencias fracturadas, poco compactas y muy erosionables, que en contacto con agua pierden cohesión y estabilidad (figura 29).

La cobertura Cuaternaria está conformada por gravas angulosas a subredondeadas dispersas en una matriz detrítica limo arenosa con bajo contenido de arcillas, estas capas forman un medio poroso por donde se infiltra el agua y sobresatura los sedimentos ubicados metros abajo (figura 30).



Figura 29. Capas sedimentarias próximas a la zona, vista de este a oeste.



Figura 30. Materiales cuaternarios aluviales observados en los deslizamientos.

7.1.2. 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 31).

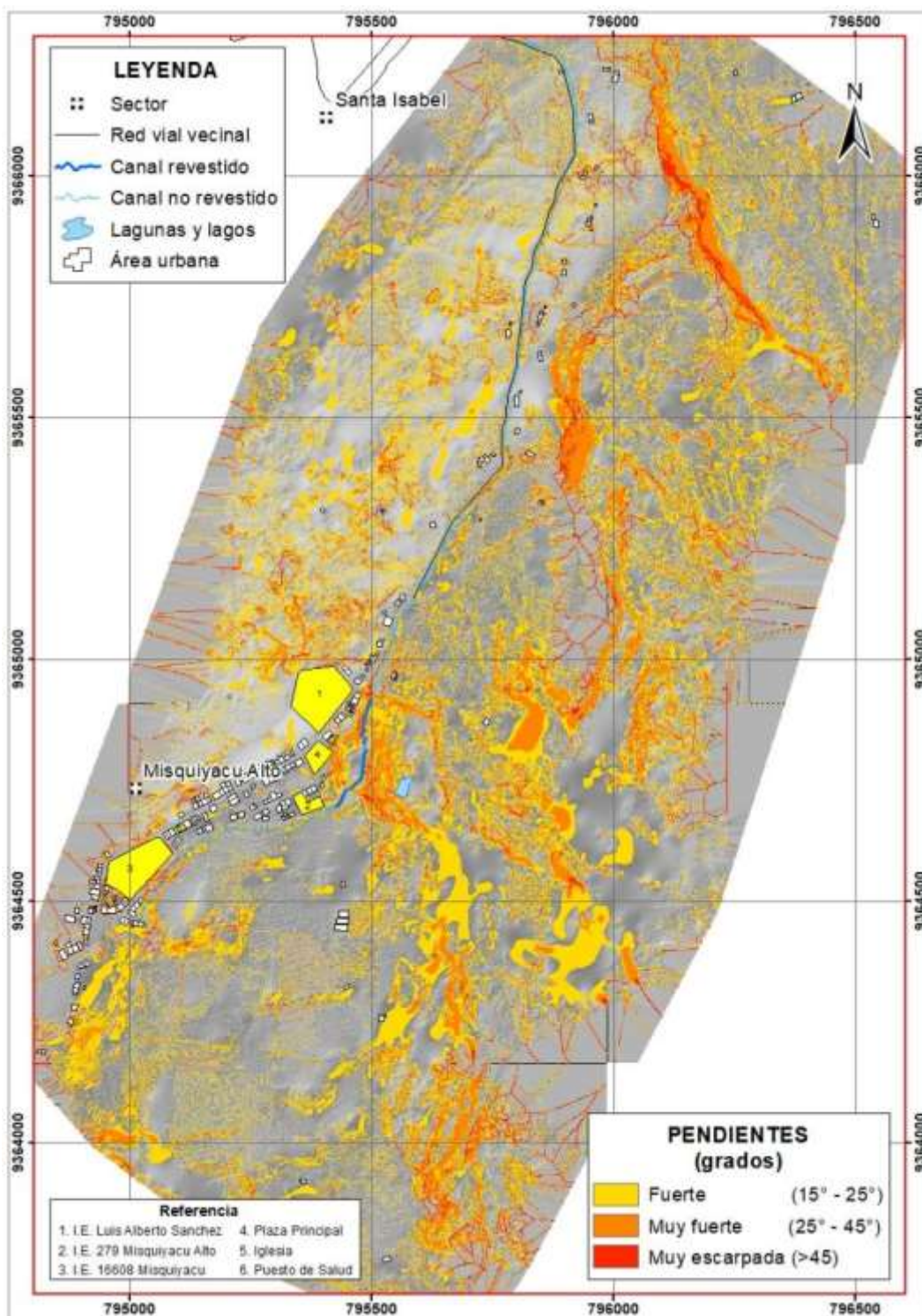


Figura 31. Zonas identificadas con pendientes fuertes a muy escarpadas.

7.2. Factores desencadenantes

7.2.1. Precipitaciones pluviales

Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas a la zona de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), si bien los datos extraídos no cuentan con un control de calidad, pueden servir de referencia para analizar los parámetros de precipitación en el punto de interés.

Los procesos de remoción en masa iniciaron desde el año 1999-2000, llegando a incrementarse durante el año 2017. Las estaciones próximas al centro poblado Misquiyacu Alto se ubican en las ciudades de Bagua Grande y Puerto Naranjitos (cuadros 02 y 03, figuras 32 y 33).

Estación: NARANJOS					
Departamento:	AMAZONAS	Provincia:	UTCUBAMBA	Distrito:	BAGUA GRANDE
Latitud:	5°45'20.46" S	Longitud:	78°25'53.55" W	Altitud:	427 msnm.
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 msnm.
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 02. 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 llego 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 03. Datos de precipitaciones pluviales durante los procesos de remoción en masa registrados en la zona.

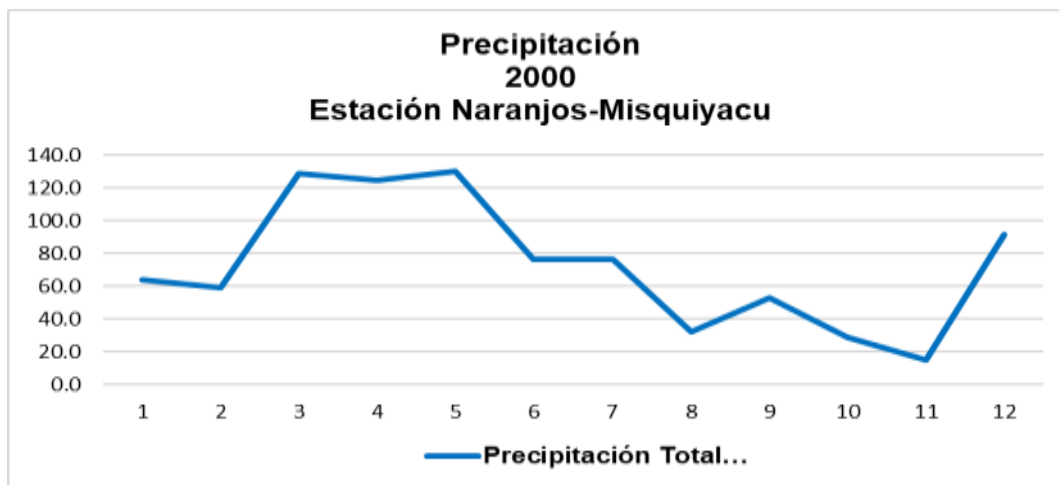


Figura 32. Precipitación total mensual durante el año 2000.

Para el periodo 2017, la estación Puerto Naranjitos ubicada a 11.5 km de Misquiyacu Alto, registró precipitaciones que alcanzaron 164 mm, siendo la última semana los picos más altos con 24 y 12 mm/día (Cuadro 03 y figuras 33 y 34).

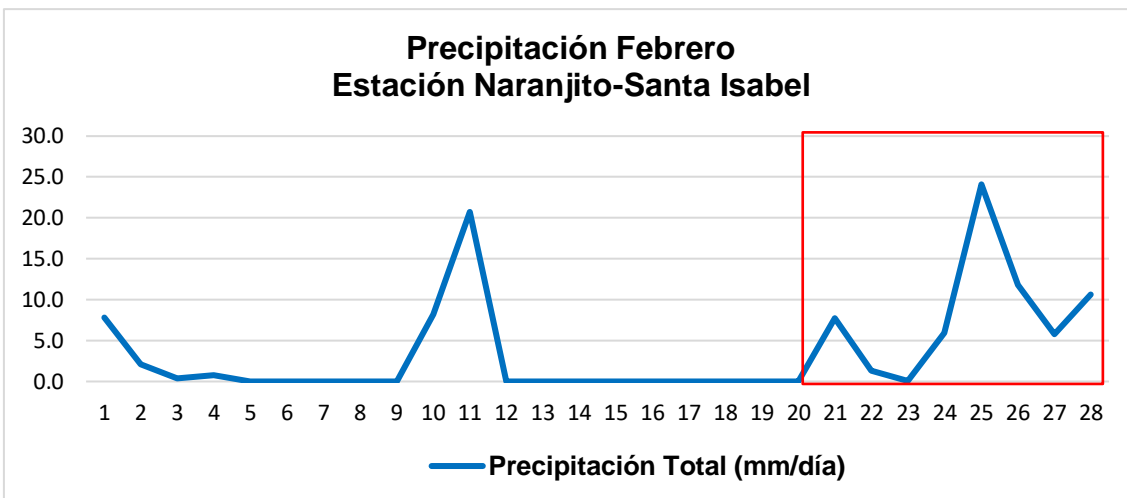


Figura 33. Precipitaciones registradas durante el mes de febrero.
 Fuente: SENAMHI / DRD (Datos sin control de calidad)

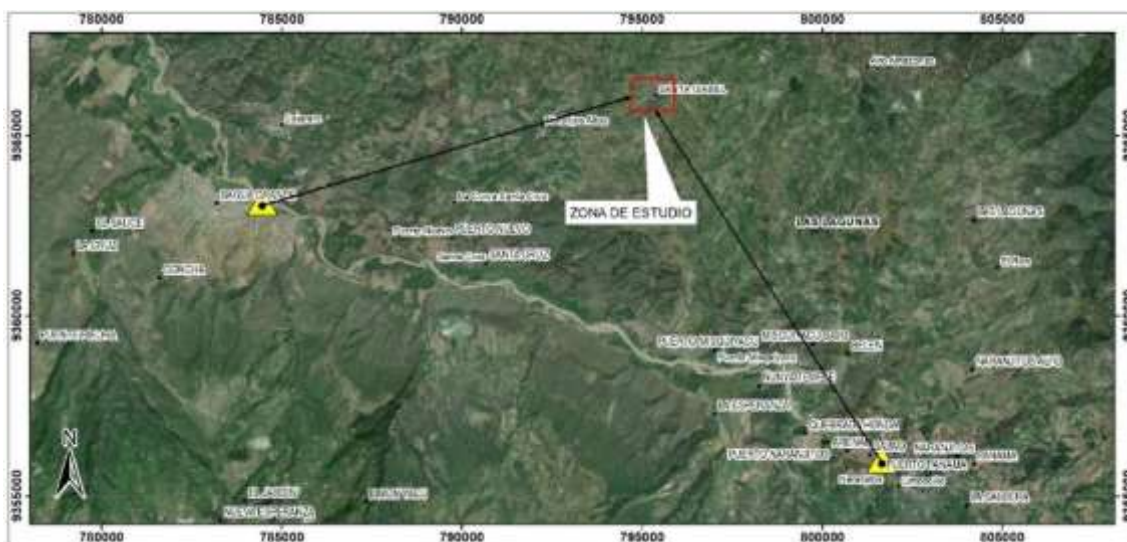


Figura 34. Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

7.2.2. Canal de riego

El canal de riego Santa Isabel – Misquiyacu Alto tiene una longitud total de 2370 m, del cual solo 12% se encontraba revestido de concreto, esta sección de 292 m se ubica a la altura de la Plaza Central del pueblo, abarcando el total del escarpe principal y secundario del deslizamiento DR-03 (figura 35).

Es probable que el estado de conservación del canal haya influido en la ocurrencia del deslizamiento, ya que según manifiestan los pobladores el canal presentaba grietas, permitiendo que el agua se infiltrara al subsuelo; evidencia de esto es la presencia de una laguna de 42 m de largo y 19 m de ancho abajo del escarpe secundario.

La sección restante del canal de riego de 1078 m de largo se encuentra no revestida, el agua que se acumula debido a la lluvia y escorrentía, se infiltra hacia el subsuelo con dirección preferencial hacia la pendiente que desciende de oeste a este.



Figura 35. Canal de riego Santa Isabel – Misquiyacu Alto, vista de norte a sur.

8. DAÑOS

Los deslizamientos son los procesos de remoción en masa que causan grandes daños y pérdidas económicas a nivel nacional, debido a la afectación de vías de comunicación, servicios básicos de agua y electricidad e infraestructura de salud.

A continuación, se describen los principales daños causados por los deslizamientos evaluados en el centro poblado Misquiyacu Alto:

8.1. Canal de riego Santa Isabel – Misquiyacu

El escarpe del deslizamiento DR-03 afectó 270 m de canal de concreto, dejándolo totalmente destruido, esta infraestructura de riego beneficia a más de 1800 usuarios de los sectores Misquiyacu Alto, Misquiyacu Bajo, Santa Isabel, El Tigre y Nuevo Piura (figura 36).



Figura 36. Canal de riego Santa Isabel – Misquiyacu Alto.

8.2. Institución Educativa N° 279 Misquiyacu Alto

Esta Institución Educativa tiene los niveles de Inicial y Primaria, es una de las principales sedes educativas del centro poblado y cuenta con alumnos de diferentes sectores y caseríos. El perímetro se encuentra a 30 m del escarpe principal del deslizamiento, los suelos tienen agrietamientos de pocos centímetros que pueden ir migrando hasta alcanzar la infraestructura (figura 37).



Figura 37. Institución Educativa N° 279 Misquiyacu Alto.

8.3. 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 (figura 38).



Figura 38. Viviendas afectadas por agrietamientos en paredes.

9. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

A continuación, se describen algunas propuestas generales para mitigar las zonas afectadas, estas medidas estructurales tienen el objetivo de minimizar los daños frente a la ocurrencia de eventos geodinámicos y deberán estar sustentadas en estudios de ingeniería definitiva tales como la caracterización geológica, geofísica y geotécnica de las estructuras a cimentar.

9.1. Medidas estructurales para captación de flujos de escorrentía

9.1.1. Canal de coronación

Las zanjas se ubican en la corona del deslizamiento o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente la escorrentía proveniente del agua de lluvia y evitar el paso a través del talud o ladera afectada. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 39).

Debido a las características morfométricas de los procesos de remoción en masa, se recomienda utilizar este tipo de estructura en los deslizamientos DR-01, DR-02 y DR-04, implementando un canal de tierra con revestimiento de membrana de PVC, disminuyendo el costo de construcción e impermeabilizando la superficie del canal.

La corona del deslizamiento DR-03 se ubica a 15 m de la Plaza Central y la Iglesia; mientras que, la I.E. 279 Misquiyacu Alto se ubica a menos de 30 m de la zona deslizada, tomando en cuenta la proximidad de viviendas e infraestructura, es poco factible construir un nuevo canal que podría incrementar la susceptibilidad a movimientos en masa.

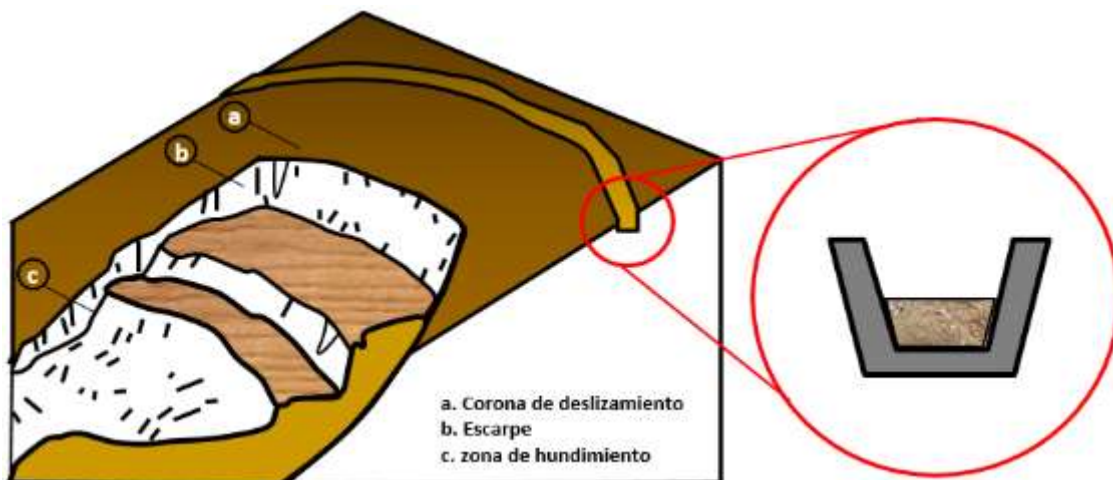


Figura 39. Esquema de zanjas de coronación o drenaje de deslizamiento.

9.1.2. Sistemas de drenaje espina de pescado

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud, se deben de construir canales recolectores de forma dendrítica o también llamada espina de pescado que extraigan el agua de las zonas afectadas o susceptibles a deslizamientos, drenando o vertiendo le agua hacia el río o quebradas también revestidas, los canales deben de impermeabilizarse a fin de evitar la reinfiltración del agua (figura 40).

Este tipo de estructura puede ser utilizada en los deslizamientos DR-01, 02 y 04 debido a las características geomorfológicas del relieve con pendientes suavemente inclinadas a moderadas.

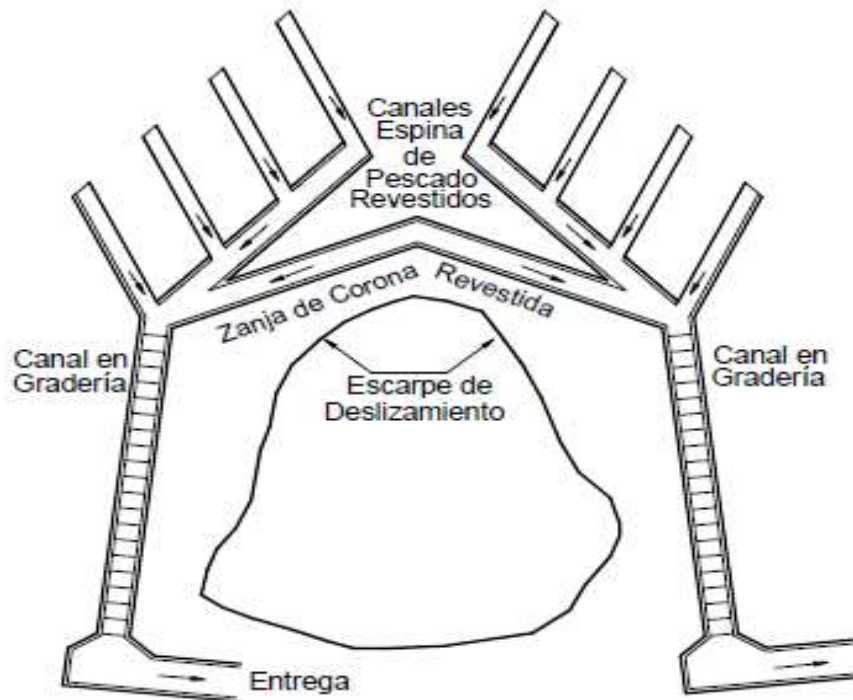


Figura 40. Esquema en planta de canales colectores Espina de Pescado (Suarez, 2009).

9.1.3. 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 banqueteta 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 banqueteta para drenar el agua hacia afuera del talud. La banqueteta también puede usarse como acera para inspección o como andamio para reparación.

Por lo tanto, las banquetetas 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 41).

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetetas de 1 a 2 m de ancho cada 5 a 10 m de altura, dependiendo del suelo, litología escala de talud. Una banqueteta más ancha se recomienda cuando el talud es largo y grande o donde se instalarán vallas de protección de caída de rocas.

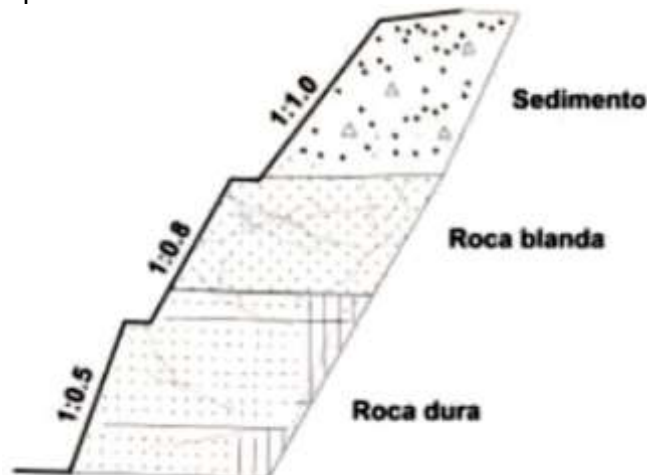


Figura 41. Condiciones de terreno y forma de taludes (JICA, 2004)

CONCLUSIONES

- a) En las inmediaciones del centro poblado Misquiyacu Alto afloran arcillitas, limolitas tobáceas y areniscas con niveles de margas en secuencias pardo amarillentas a rojizas, estas capas sedimentarias se encuentran fracturadas y erosionadas con buzamientos inclinados a favor de la pendiente. Los materiales Cuaternarios están conformados por gravas subangulosas con matriz limo arenosa conformando un medio poroso que permite la infiltración del agua saturando los sedimentos más profundos.
- b) El área urbana de Misquiyacu 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 oeste se encuentra el piedemonte aluvial con pendientes suavemente inclinadas a moderadas; mientras que, al este se encuentran los abanicos de piedemontes con relieves de pendientes moderadas a muy escarpadas.
- c) El centro poblado Misquiyacu Alto es afectado por **DESLIZAMIENTOS EN ESTADO ACTIVO**. Existen escarpes antiguos desde el año 2000 y recientes o reactivados durante los años 2017 y 2019, en promedio los escarpes llegan a medir hasta 1200 m de longitud, mientras que, los cuerpos de los deslizamientos superan los 630 m de largo y 1400 m de ancho, los saltos de falla presentan desniveles de 10 m a 70 m de alto.
- d) Las precipitaciones registradas durante el mes de febrero del 2017 y recientemente durante el 2019, ocasionaron la sobresaturación de los sedimentos y materiales originando la reactivación de los deslizamientos. La dinámica de los deslizamientos antiguos proviene desde el año 2000, eventos relacionados a la presencia de Fenómenos El Niño (1998-2000) y recientemente con el Niño Costero.
- e) Tomando en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas actuales, se determina que el centro poblado Misquiyacu Alto tiene un **“Peligro Muy Alto por Movimientos en Masa**, además de **Peligro inminente** a la ocurrencia de nuevos procesos de remoción en masa que podrían reactivarse con lluvias extraordinarias.

RECOMENDACIONES

- a) Evacuar las viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos DR-1, 02 y 04, las viviendas e infraestructura próximas al deslizamiento DR-03 deben contemplar medidas de tipo estructural como banquetas para estabilización de laderas, debido al peligro inminente de ocurrencia de nuevos procesos de remoción en masa.
- b) Realizar el entubamiento de la sección del escarpe del deslizamiento DR-03 de 290 m de extensión y evacuar el agua estancada de la laguna presente en el escarpe secundario del deslizamiento.
- c) No permitir la construcción de nuevas viviendas próximas a los escarpes de los deslizamientos identificados.
- d) 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.
- e) Considerar la construcción de las medidas de mitigación estructural como: zanjas de coronación y drenajes dendríticos mediante la impermeabilización con PVC reduciendo el costo de inversión y la infiltración de agua en el subsuelo.
- f) Modificar los cortes de talud en los escarpes principales a través de banquetas con el fin de estabilizar los materiales expuestos próximos a la zona urbana.
- g) Construir cunetas e impermeabilizarlas con PVC a lo largo de las vías principales con la finalidad de evitar que el agua de escorrentía que se origina en presencia de lluvias descienda rápidamente ocasionando erosión en la superficie.
- h) Sensibilizar a la población a fin de evitar asentamientos de viviendas cerca de los deslizamientos y zonas susceptibles a procesos de remoción en masa y organizar un sistema de alerta temprana que advierta a las autoridades y población sobre la ocurrencia de deslizamientos en temporada de lluvias, se deben considerar la instalación de estacas para el control y monitoreo periódico del movimiento de la superficie, estas medidas deben estar asesoradas por especialistas.



César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



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

REFERENCIAS

- 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.
- Suarez J. (2009). Deslizamientos: Técnicas de remediación Vol. 2. Colombia.
- 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.