



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6979

EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LIMONCITO CENTRO POBLADO NARANJOS ALTO

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



NOVIEMBRE
2019

CONTENIDO

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES.....	4
3. ASPECTOS GENERALES.....	5
3.1. Ubicación.....	5
3.2. Accesibilidad.....	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE).....	6
4.2. Mapa de Pendientes	6
4.3. Unidad de Montañas.....	7
4.4. Unidad de Colinas.....	7
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
5.1. Geología local.....	9
5.1.1. Formación Sambimera Miembro Superior (PN-s/s).....	9
5.1.2. Formación Sambimera Miembro Inferior (PN-s/i)	10
5.1.3. Formación Fundo El Triunfo (KsP-ft/re)	11
5.1.4. Depósitos Cuaternarios Recientes	12
6. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	13
6.1. Definición de deslizamientos	13
6.2. Deslizamientos antiguos	13
6.2.1. Deslizamiento antiguo 01 (DAN-01).....	15
6.2.1. Deslizamiento antiguo 02 (DAN-02).....	16
6.2.2. Deslizamiento antiguo 03 (DAN-03).....	16
6.3. Análisis multitemporal	18
6.4. Deslizamiento Naranjos Alto-Limoncito.....	18
6.4.1. Corona y escarpe de deslizamiento	19
6.4.2. Cuerpo del deslizamiento.....	21
6.5. Mecanismos de falla de ladera.....	24
6.6. Factores condicionantes	24
6.6.1. Cobertura Cuaternaria	24
6.6.2. Litología	25
6.7. Factores desencadenantes.....	26
6.7.1. Suelos sobresaturados	26

6.8. Daños.....	28
6.8.1. Vía asfaltada Naranjos Alto-San Felipe	28
6.8.2. Vía Naranjos Alto-Diamante alto.....	28
6.8.3. Canal-acequia Naranjos.....	29
6.8.4. Viviendas	29
7. ZONA DE REUBICACIÓN	30
8. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.....	30
8.1. Medidas estructurales.....	30
8.1.1. Canal de coronación.....	30
8.1.2. Sistemas de drenaje dendrítico.....	31
8.1.3. Banquetas.....	31
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS.....	35

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL DESLIZAMIENTO EN EL
SECTOR LIMONCITO
CENTRO POBLADO NARANJOS ALTO
(Región Amazonas, Provincia Utcubamba, Distrito Cajaruro)**

RESUMEN

Los deslizamientos son los movimientos en masa que causan mayor impacto a la economía y desarrollo de una región debido a los daños y pérdidas en infraestructuras que dejan a su paso.

Nuestro territorio debido a la complejidad geológica y geomorfológica está expuesto a una gran diversidad de peligros geológicos desde los flujos de lodo o huaicos hasta los peligros volcánicos al sur del país.

Los factores desencadenantes tales como los sismos y lluvias interactúan con los materiales y sedimentos Cuaternarios o Recientes que constituyen los suelos sobre los cuales se asientan las zonas urbanas, las formas del relieve con pendiente altas a medias intervienen en la ocurrencia de los procesos de remoción en masa. Sin embargo, no siempre la pendiente es el mayor factor condicionante de un deslizamiento, el estudio del factor geológico cobra una gran importancia debido a la presencia de estratos altamente arcillosos que en contacto con el agua fallan y se deslizan como ocurrió en el sector El Limoncito.

La caracterización del peligro geológico ha definido este evento de remoción en masa como un deslizamiento de tipo rotacional retrogresivo, sobre la cabecera del deslizamiento se identificaron grietas longitudinales que podrían formar nuevos escarpes, la corona del escarpe principal alcanza una longitud total de 1093 m; mientras que, el escarpe presenta saltos de desplazamiento ladera abajo del orden de 1 m a 20 m.

El material o masa deslizada tuvo direcciones de movimiento de norte a sur y de noreste a suroeste alcanzando un desplazamiento promedio de 26 m desde el punto o posición original; el pie del deslizamiento provocó que la quebrada Naranjos se represara en dos tramos, lo que incrementó el tirante de agua causando alarma en la población ubicada aguas debajo.

El INGEMMET a través de la evaluación técnico científica del deslizamiento Limoncito ha brindado las primeras recomendaciones conjuntamente con los equipos de trabajo de INDECI, ANA, Gobierno Regional y Local para el restablecimiento del servicio de riego para los cultivos ubicados ladera abajo, estableciendo una franja de amortiguamiento que imite el cuerpo del deslizamiento y prohibir que se sigan saturando los suelos.

1. INTRODUCCIÓN

El día jueves 17 de octubre a las 2.20 horas de la madrugada, el sector conocido como Limoncito perteneciente al centro poblado Naranjos Alto del distrito de Cajaruro, región Amazonas fue afectado por un deslizamiento que abarcó más de 40 has de terrenos agrícolas; dejando 5 viviendas inhabitadas, una vía asfaltada y un canal de irrigación destruidos, una vía afirmada y conexiones de agua potable y electricidad interrumpidos. La magnitud de este evento de geodinámica superficial generó la inmediata intervención de los organismos e instituciones de primera respuesta tales como INDECI, que emitió los reportes que luego se difundieron a nivel nacional mediante prensa escrita y televisión.

Inmediatamente, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) coordinó la llegada a la zona de una brigada de especialistas en Peligros Geológicos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), siendo liderada por el Ing. Geólogo Cristhian Chiroque, el día viernes 18 de octubre a horas de la tarde, el equipo de INGEMMET llegó a la zona de estudio iniciando una primera vista preliminar de los daños.

Los trabajos de campo se realizaron durante los días 19 y 20, los cuales consistieron en la realización de la cartografía geológica y geomorfológica con la finalidad de identificar los factores que condicionaron la ocurrencia de este evento de remoción en masa a través de la descripción de los tipos de afloramiento de rocas y coberturas de materiales y depósitos recientes sobre los que se desarrolló el deslizamiento; la morfología de las laderas deslizadas se estudiaron mediante la descripción morfométrica in situ y se complementó con el análisis de imágenes satelitales y fotogrametría con drones.

Para el inicio de los trabajos se llevó a cabo una etapa de gabinete en donde se recopilaron las fichas de emergencia, descarga de imágenes satelitales que sirvieron para realizar la fotointerpretación del evento ocurrido en la Región Amazonas.

Este informe detalla la interpretación geológica y geodinámica del evento estudiado y las conclusiones y recomendaciones que servirán como herramienta a las autoridades locales para tomar las medidas correctivas frente al movimientos en masa evaluado.

2. ANTECEDENTES

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona 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). El estudio a escala 1/100 000 describe secuencias de la Formación Chota conformada por capas areniscosas con intercalaciones de niveles limoarcillíticos calcáreos y que constituyen la parte central del pliegue sinclinal entre Bagua Grande y Naranjitos ubicado al sur de la zona de estudio. Según la geología descrita en este boletín los materiales deslizados están conformados por materiales arcillo limosos 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 que conservan una continuidad sedimentaria con calizas nodulares e intercalaciones de lutitas del Grupo Quilquiñan.
- Informe técnico preliminar "Zonas críticas de la Región Amazonas" (Medina y Dueñas, 2007), dentro del inventario de puntos críticos se identificaron los

sectores El Limón y El Porvenir, donde se describen deslizamientos de tipo rotacional que se activaron en el mes de junio del 2001.

Cabe destacar, que durante los trabajos de campo se han identificado estos deslizamientos antiguos adyacentes a la zona del deslizamiento reciente.

- Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, 11g, 12 – [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 detrítica de lutitas y limoarcillitas con presencia de yeso laminar correspondiente al miembro superior de la Formación Sambimera; mientras que, al norte el miembro inferior aporta limoarcillitas, limolitas tobaceas 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.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación

El sector Limoncito se ubica a 1100 m al noreste del centro poblado Naranjos Alto, en el distrito de Cajaruro, Provincia de Utcubamba, Región Amazonas, la zona del deslizamiento abarca los sectores Naranjos Alto, Canal El Porvenir y el Canal Limoncito (figura 01).

Las coordenadas centrales del área de inspección con referencia al centroide del deslizamiento son WGS84-17S 793320E, 9365581N a una altitud de 739 m aproximadamente.

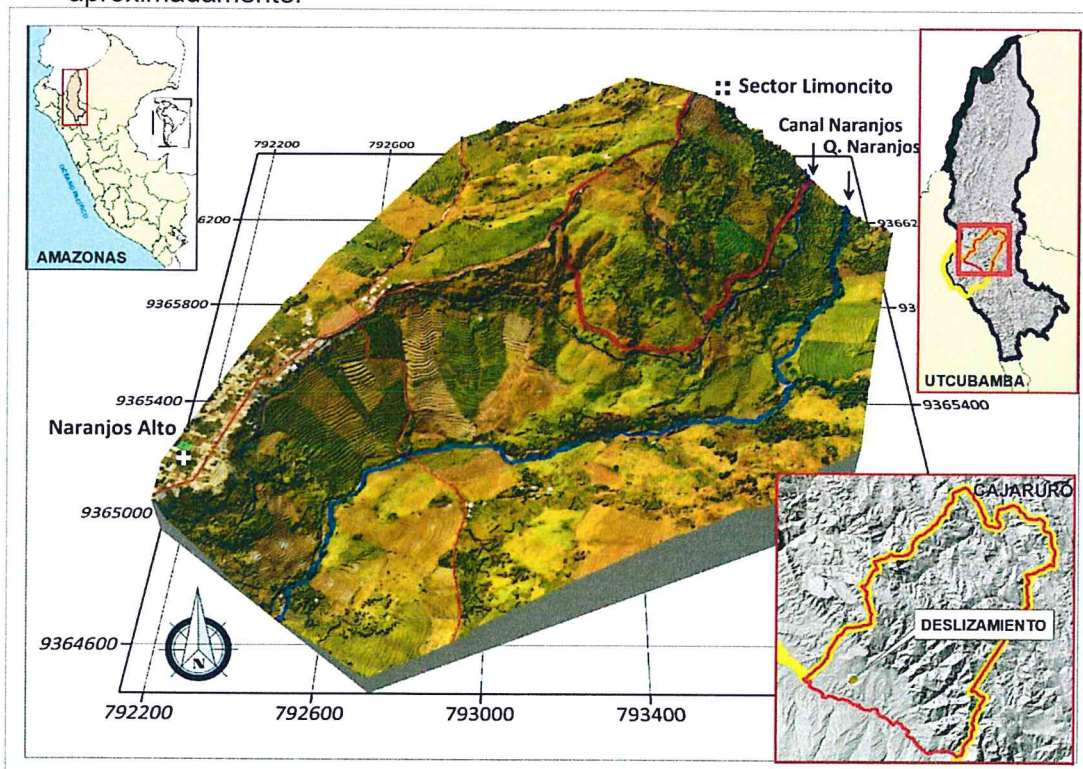


Figura 01. Ubicación de la zona del deslizamiento El Limoncito.

3.2. Accesibilidad

La brigada de especialistas del INGGEMMET, se desplazó desde la ciudad de Piura hacia 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 13.4 km hasta el centro poblado Naranjos Alto y finalmente hacia la zona de estudio en el sector el Limoncito (Cuadro 01).

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

Ruta	Tipo de Vía	Tiempo (horas)
Piura – Chiclayo	Asfaltada	3 h
Chiclayo – Trujillo (Cruce Ciudad de Dios)	Asfaltada	40 min
Cruce Ciudad de Dios – Cajamarca	Asfaltada	5 h
Cajamarca – Chota	Asfaltada	4 h
Chota – Cruce Chiple	Asfaltada	3 h 15 min
Cruce Chiple – Bagua Grande	Asfaltada	1 h 15 min
Bagua Grande – Naranjos Alto	Asfaltada	15 min

Fuente: Elaboración propia.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El origen de las geoformas observadas está relacionado a la ocurrencia de antiguos procesos de remoción en masa que probablemente estuvieron controlados por estructuras geológicas tipo sinclinales. La interacción de los tipos de rocas y sedimentos con los agentes meteorológicos de la zona modelaron el relieve que hoy conocemos y sobre el cual se han desarrollado los eventos de geodinámica evaluados.

Para el análisis de la geomorfología de la zona de estudio se recopilaron imágenes satelitales y se elaboraron modelos digitales de elevaciones y mapa de pendientes.

4.1. Modelo Digital de Elevaciones (MDE)

La zona de evaluación se ubica sobre superficies con elevaciones entre 608 y 776 m s.n.m; en una extensión de 2.1 km de longitud, el deslizamiento del sector Limoncito tienen la zona de arranque en la cota 757 y el pie de del deslizamiento se ubica a 624 m de altitud (figura 02).

4.2. Mapa de Pendientes

El sector el Limoncito y las zonas circundantes se ubican sobre laderas y colinas con pendientes bajas que no superan los 30°; mientras que, el perímetro delimitado del deslizamiento presenta una pendiente promedio de 7° con una extensión total de 1033 m de longitud (figura 03). Los procesos por remoción en masa causan grandes transformaciones geomorfológicas tales como: el represamiento de ríos o quebradas y la formación de escarpes sub-verticales a verticales, como los observados en la zona de estudio con pendientes mayores a 50° en el escarpe principal.

Tabla 01: Rangos de pendientes del terreno

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<5	Muy baja
5 - 20	Baja
20 - 35	Media
35 - 50	Fuerte
>50	Muy fuerte

Fuente: Fidel et al. (2006)

Las pendientes que presentan los relieves de la zona de estudio no condicionaron la ocurrencia del deslizamiento, este factor presenta rangos que se catalogan como bajos a muy bajos.

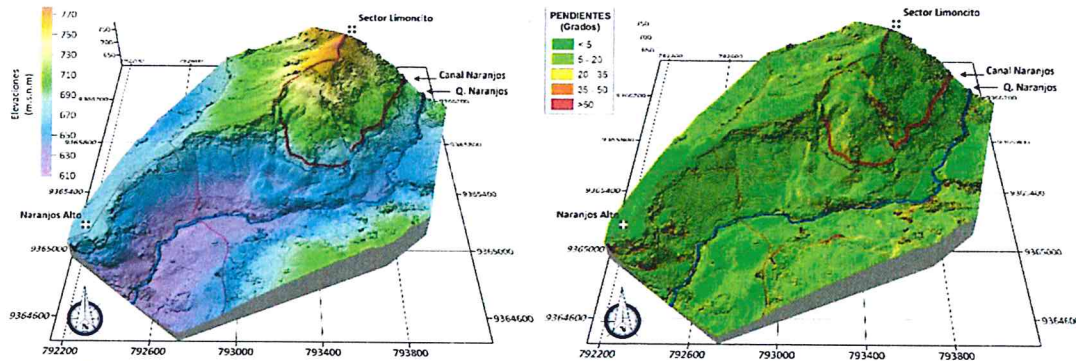


Figura 02. Modelo digital de elevaciones (MDE). Figura 03. Mapa de pendientes.

En los trabajos de campo se identificaron y delimitaron colinas y montañas estructurales en rocas sedimentarias (Geocatmin, 2010).

4.3. Unidad de Montañas

Una montaña es una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas, presentan una pendiente promedio superior al 30%. Interviene una característica de disección de la masa montañosa, con importantes desniveles internos entre la montaña, como por ejemplo: cañones, escarpes, lomas, planos inclinados coluviales (Glacis), vallecitos y superficies aplanadas (mesas) de antiguos relieves colindados (Zinck 1987, citado por MAGA 2010).

Subunidad de Montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs)

Estas geoformas se ubican al norte de la zona de evaluación, presentan relieves escarpados con buzamiento suavemente inclinados controlados por ejes sinclinales y fallas geológicas, alcanzan hasta 1000 m de altitud y desciende a los 700 m hasta llegar al límite de la zona de estudio donde ocurrió el deslizamiento, se desarrollan sobre rocas sedimentarias conformadas por lutitas, limorcollitas, calizas y areniscas (figura 04).

4.4. Unidad de Colinas

Según el Servicio Geológico de EE. UU., No existe una diferencia oficial entre colinas y montañas. El Reino Unido y los Estados Unidos solían definir colinas como cumbres de menos de 1,000 pies. Sin embargo, ambos países abandonaron la distinción a mediados del siglo XX.

Las colinas son porciones del relieve elevados por sobre la superficie que los rodea, tienen base y cima circular con relieves suaves, redondeados o semiredondeados, alcanzan poca altura con desniveles entre 20 y 300 m, tienen pendientes con rangos medios a bajos que no superan los 45°, morfometría que controla el tipo de drenaje. El origen de las colinas está ligado a diversos procesos como la erosión y depositación o estructuras geológicas tales como las fallas y pliegues.

Subunidad de Colinas estructurales en rocas sedimentaria (RCE-rs)

Las colinas de la zona de estudio no superan los 100 m de altura, tienen relieves suaves y pendientes bajas, son geoformas menos compactas debido a que

están cubiertos por una capa aluvial reciente originada por eventos aluvionales que fueron modelados por el agua de escorrentía y los agentes meteorológicos (figura 05).

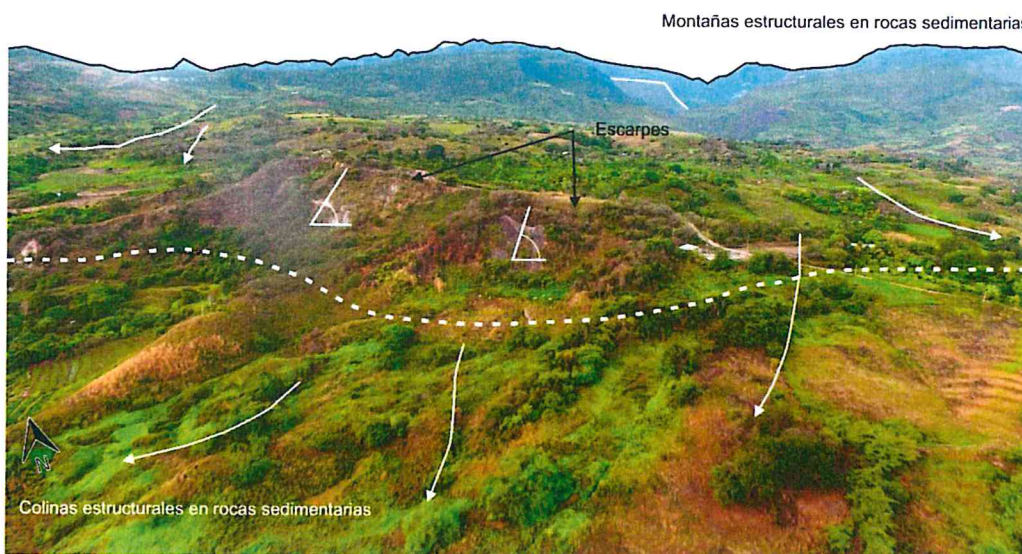


Figura 04. Unidad geomorfológica montañas observadas al norte de la zona de estudio.



Figura 05. Vista panorámica de la zona del deslizamiento en el sector Limoncito.

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

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

La litología adyacente a los deslizamientos está conformada por arcillitas y limoarcillitas correspondiente al miembro superior de la Formación Sambimera; mientras que, el miembro inferior aporta 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.

La litología de las Formaciones descritas forma parte de estructuras geológicas tipo sinclinales, anticlinales y fallas geológicas ubicadas a 4 km al noreste del sector Limoncito, los afloramientos se emplazan en franjas con orientación andina de sureste a noroeste (figura 06).

INSTITUTO GEOLOGICO
MINERO Y METALURGICO

MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO
BAGUA GRANDE
HOJA 12-g-IV

ESCALA 1:50 000

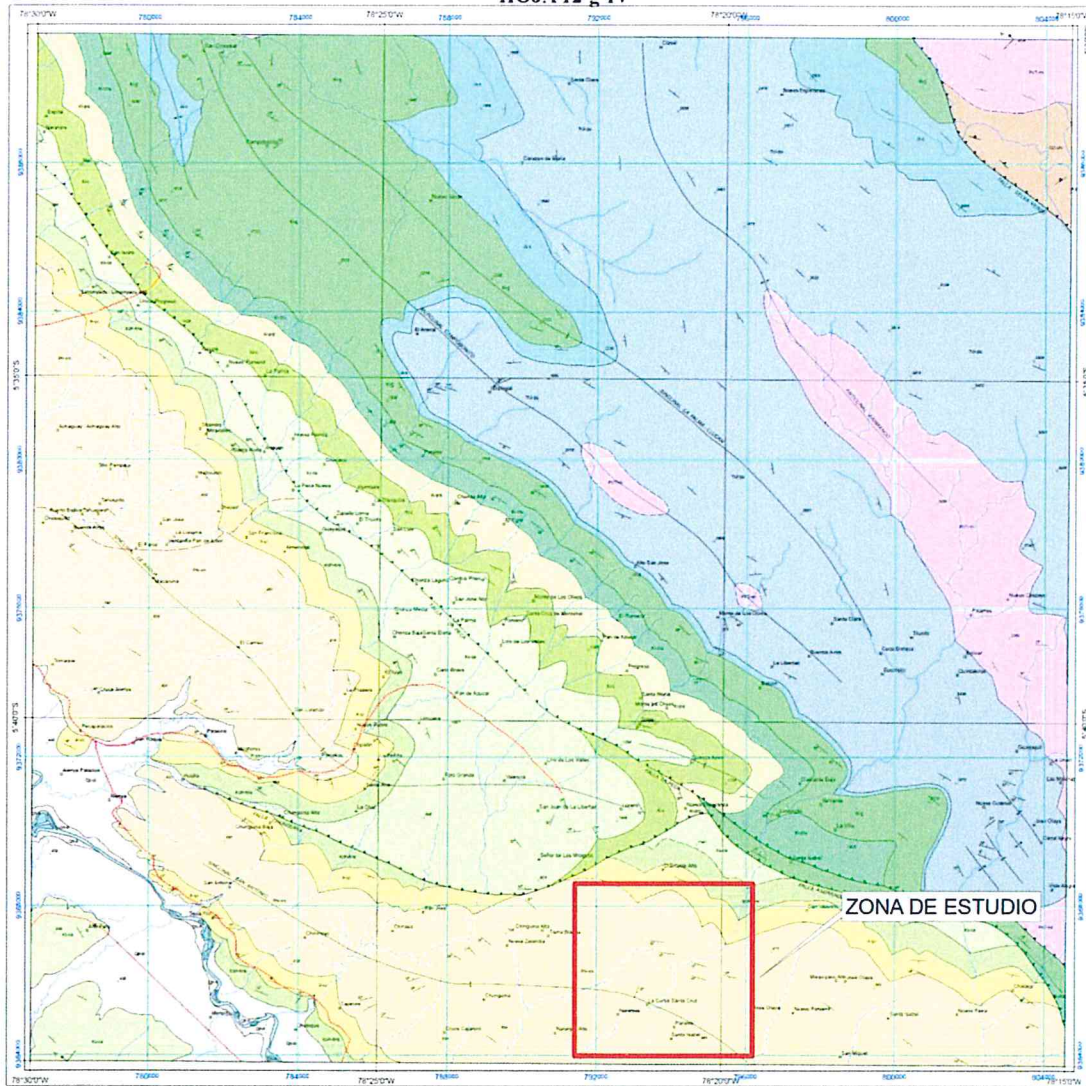


Figura 06. Cuadrángulo geológico a escala 1:50 000 de la zona de estudio.

5.1. Geología local

Localmente, los afloramientos descritos se encuentran con intensa meteorización con buzamientos a favor de la pendiente formando parte del Sinclinal de San Antonio que inicia desde San Antonio y pasa por los sectores Chirimayo, Chunguina, Santa Isabel y Naranjos Alto cruzando transversalmente la zona del deslizamiento El Limoncito (figura 10).

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

Corresponde a fases detríticas de arcillitas y limoarcillitas de color gris claro con presencia de yeso en láminas, este tipo de secuencias se puede observar en la vía asfaltada Naranjos Alto – Santa Isabel, estas capas tienen buzamientos inclinados a favor de la pendiente y se emplazan en el plano descendiente del Sinclinal San Antonio

(figura 07). Las sedimentitas conformadas por arcillitas y limoarcillitas forman suelos arcillosos al ser erosionados, transportados y depositados en la parte alta media y baja de la zona de estudio.



Figura 07. Secuencias conformadas por arcillitas y limoarcillitas.

5.1.2. Formación Sambimera Miembro Inferior (PN-s/i)

Las secuencias sedimentarias Sambimera miembro inferior afloran 1.5 km al suroeste del centro poblado Naranjos Alto en la vía próxima al cruce a Cajaruro, en los cortes del talud se pueden identificar conglomerados con intercalaciones de areniscas tobas y margas (figura 08). Los emplazamientos observados forman parte del flanco ascendente del Sinclinal de San Antonio.



Figura 08. Secuencia sedimentaria de la Formación Sambimera.

En la vía que comunica Bagua Grande a Naranjos Alto se pueden observar este tipo de afloramientos en donde han ocurrido varios colapsos y deslizamientos en temporadas de lluvias, algunos tramos debieron de ser replanteados para evitar o mitigar los procesos de remoción en masa.

5.1.3. Formación Fundo El Triunfo (KsP-ft/re)

Unidad conformada por secuencias finas de limolitas con niveles delgados de areniscas, estos afloramientos se ubican al norte y noreste del centro poblado Naranjos Alto (figura 09).

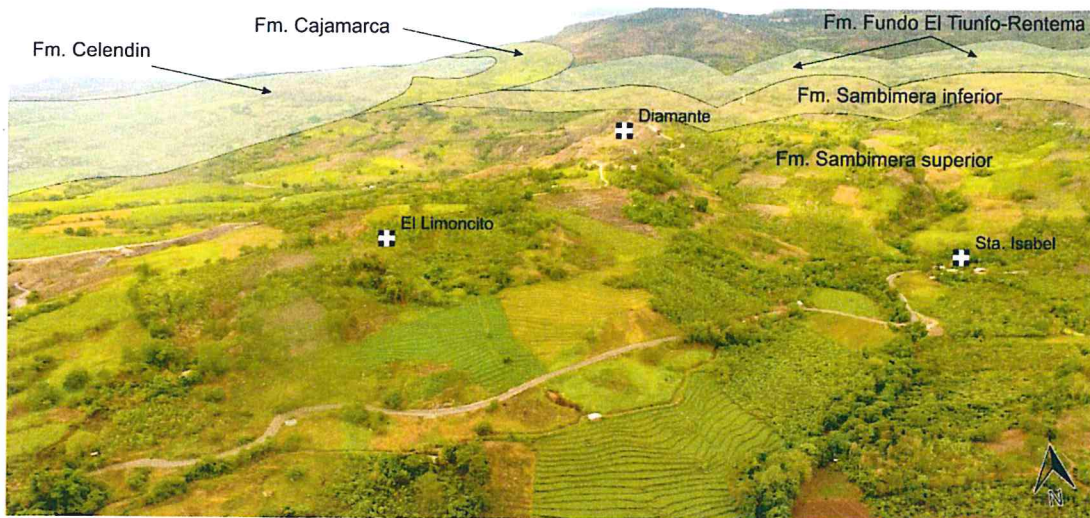


Figura 09. Vista panorámica de la zona de estudio donde se observan los afloramientos de rocas de la Formación El Triunfo.

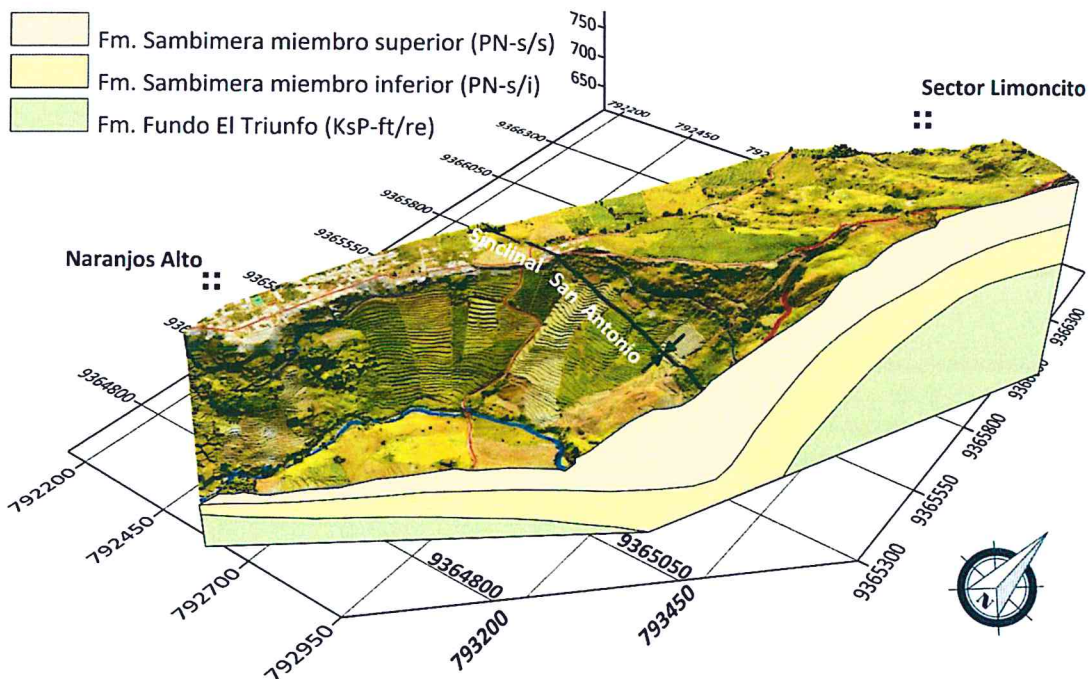


Figura 10. Vista de perfil de la litología existente en los sectores Naranjos Alto y El Limoncito.

5.1.4. 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 deslizamiento del sector El Limoncito a desplazado materiales creando escarpes con desniveles de más de 20 m, en donde se identificó y cartografió varios estratos aluviales de diversa constitución (figuras 11 y 12).



Figura 11. Corte de talud natural presente en el escarpe principal del deslizamiento.

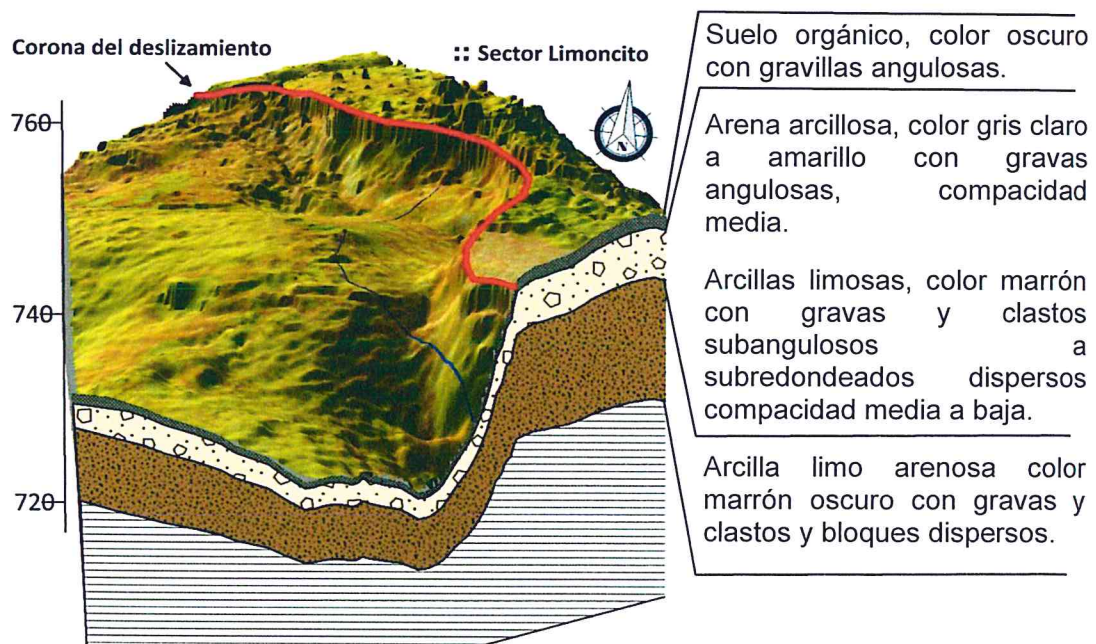


Figura 12. Corte estratigráfico de los sedimentos encontrados en el deslizamiento.

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).

En tal sentido, el INGEMMET 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., como ocurrió en el sector El Limoncito.

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el centro poblado Naranjos Alto 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.

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 (figuras 13 y 14).

6.2. Deslizamientos antiguos

En la zona de estudio se han identificado 3 deslizamientos antiguos adyacentes al deslizamiento Limoncito-Naranjos Alto. Los deslizamientos han ocurrido desde el año 1995, 2000 y 2015, afectaron principalmente vías de acceso y terrenos agrícolas.

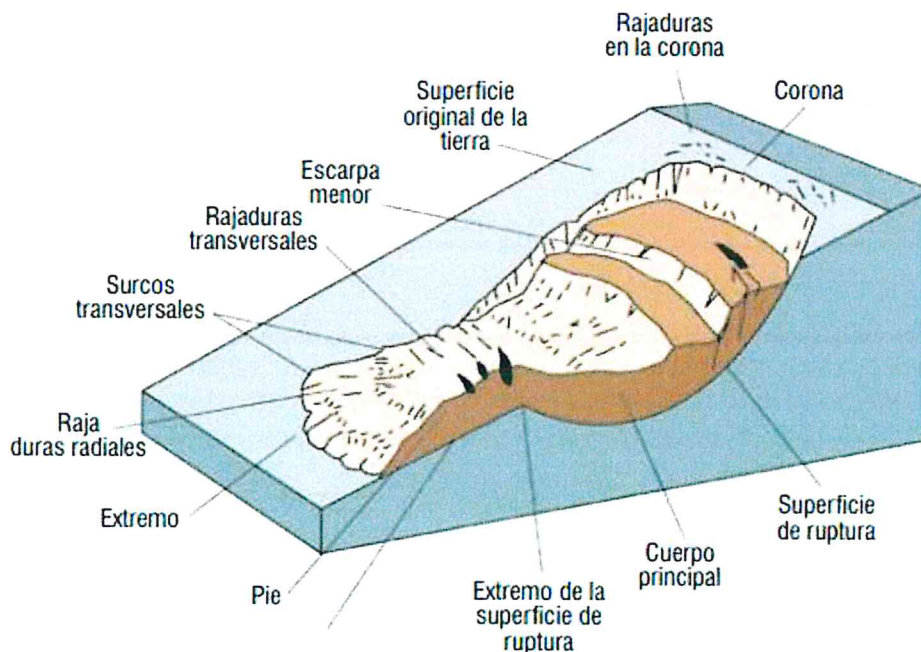


Figura 13. Deslizamiento de tipo rotacional, Adaptado de USGS (2008), GEMMA: PMA-GCA (2007).

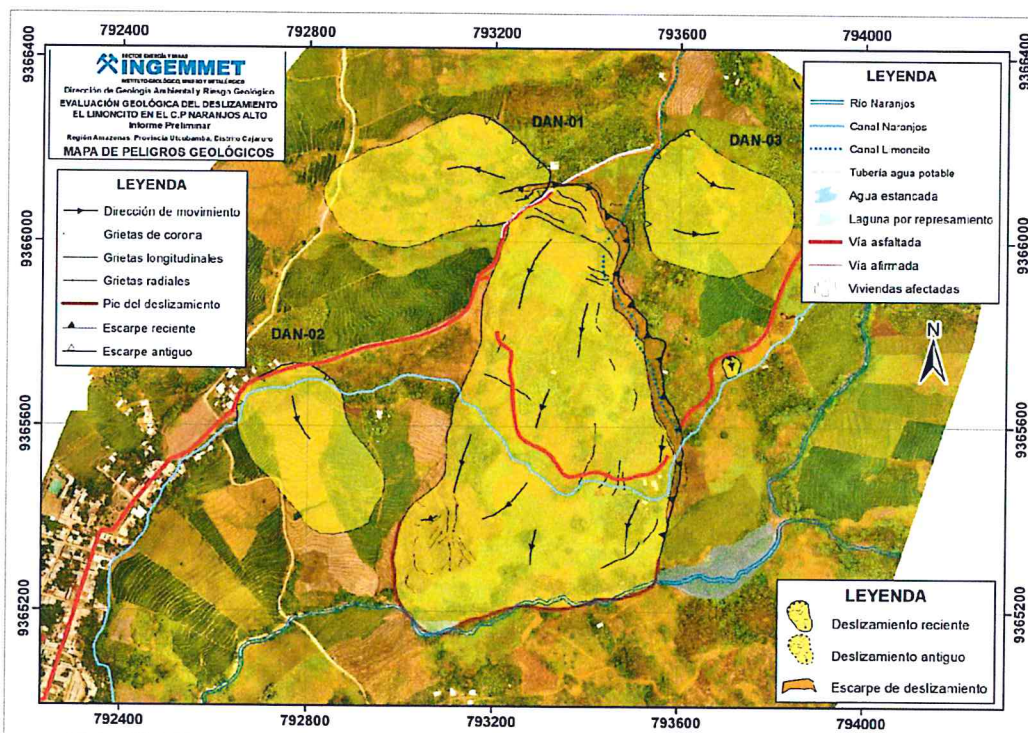


Figura 14. Mapa de Peligros Geológicos de Naranjos Alto y el sector Limoncito.

6.2.1. Deslizamiento antiguo 01 (DAN-01)

Este deslizamiento de tipo rotacional ocurrió en el año 2015, los materiales y sedimentos se desplazaron ladera abajo con dirección este-oeste, alcanzando un recorrido total de 150 m, la corona mide 450 m de largo, el escarpe principal presentó saltos de falla de 1m, colindando con una vivienda, además afecto conexiones de agua potable (figura 15).



Figura 15. Vista aérea del deslizamiento antiguo que borde la vía afirmada.

El deslizamiento antiguo es afectado por la corona y escarpe del deslizamiento actual, se debe de indicar que sobre estos sectores pasan dos tuberías de pvc de más de 4 pulgadas con capacidad de conducir caudales de hasta 12 litros/seg, las cajas de distribución rebasan su capacidad, parte del agua se infiltra al subsuelo, el deslizamiento antiguo y reciente han afectado estas conexiones.



Foto 16. Corona de deslizamiento que fue afectada por el deslizamiento reciente del sector El Limoncito.

6.2.1. Deslizamiento antiguo 02 (DAN-02)

Este deslizamiento ocurrió en el año 2015, afectó la vía asfaltada que comunica los centros poblados Naranjos Alto-Diamante Alto, el trazo de la carretera debió de ser replanteado. Los materiales y sedimentos se desplazaron ladera abajo con dirección norte-sur, alcanzando un recorrido total de 100 m, la corona mide 300 m de largo, el escarpe principal presentó saltos de falla de 3m (figura 17).



Figura 17. Vista lateral de los deslizamientos en sector el Cerro.

Actualmente, la vía asfaltada sigue evidenciando grietas y subsidencia ladera abajo, este tramo corresponde aun total de 30 m en donde el ancho de la vía se a reducido, colocándose tranqueras. El factor desencadenante de estos eventos geodinámicos esta relacionado a la actividad agrícola, los cultivos de arroz se ubican a menos de 80 m en donde el suelos se sobresatura (figura 18).



Foto 18. Vía asfaltada Naranjos Alto – Diamante Alto.

6.2.2. Deslizamiento antiguo 03 (DAN-03)

La corona del deslizamiento llegó a medir 300 m de longitud, se ubica a menos de 50 m del deslizamiento actual, afecta a terrenos de cultivo, el escarpe principal tiene

desniveles de hasta 3 m, se han observado grietas tensionales de hasta 5 cm entre el escarpe y el material deslizado (figura 19).



Figura 19. Deslizamiento antiguo al este del escarpe del deslizamiento reciente.

Las grietas identificadas presentan la misma dirección de emplazamiento del escarpe, sobre la corona no se han encontrado procesos retrogresivos pero si en el cuerpo del deslizamiento lo que podría indicar reptación en algunos sectores.

Cabe indicar que, los terrenos ya deslizados se siguen empleando en el cultivo de Cacao que es irrigado por el canal acequia El Limoncito que cruza por la cabecera del deslizamiento.



Figura 20. Corona y escarpe antiguo que afecta principalmente terrenos de cultivo.

6.3. Análisis multitemporal

Se realizó la recolección, georreferenciación y análisis de imágenes satelitales de diferentes periodos para elaborar un mapa temático multitemporal de la zona del escarpe principal del deslizamiento El Limoncito-Naranjos Alto (figura 21).

Desde el año 2006, se observa la presencia de deformación en la superficie, según los testimonios recogidos en campo los terrenos de cultivo de arroz fueron reemplazados por Cacao y se implementó el riego por aspersión; sin embargo, en la zona donde ocurrió el deslizamiento de Naranjos se continuó con el riego por gravedad.

En el año 2012 continúan los procesos de deformación, luego de esto, el terreno fue removido lo que se puede evidenciar en la imagen del año 2014.

Para el 2017, la deformación del terreno logra definir la forma semicircular del escarpe, el evento geodinámico ocurrido el 17 de octubre conserva la misma dirección y forma que se puede observar en las imágenes satelitales de los años 2006, 2012 y 2017.



Figura 21. Imágenes satelitales 2006 a 2017.

6.4. Deslizamiento Naranjos Alto-Limoncito

La tarea de los especialistas en Peligros Geológicos es recolectar a través del trabajo de campo y gabinete la información completa y precisa sobre todos los aspectos y procesos que intervinieron en la ocurrencia del movimiento en masa, definiendo las áreas y tiempos (multitemporales) del desarrollo del evento.

Finalmente, definir y describir puntualmente los rasgos más característicos de acuerdo a los componentes geológicos, geomorfológicos y geodinámicos, así como, los factores desencadenantes del deslizamiento.

La caracterización geodinámica a catalogado este evento de remoción en masa como un **DESPLAZAMIENTO DE TIPO ROTACIONAL RETROGRESIVO EN ESTADO ACTIVO**.

A continuación, se describe detalladamente la morfometría del deslizamiento de Naranjos Alto:

6.4.1. Corona y escarpe de deslizamiento

Corona

La corona del deslizamiento se ubica sobre el escarpe, llega a medir 1093 m de longitud, es la parte de la superficie que no ha sufrido movimiento o desplazamiento ladera abajo, sobre esta se han identifica grietas longitudinales o paralelas a la corona que se origina por tensión o tracción, estas grietas podrían forman nuevos escarpes de falla activados por lluvias intensas o sismos.

Para complementar los trabajos de campo se utilizó el modelo digital de terreno obtenido de la fotogrametría con drones para elaborar diversas capas temáticas y delimitar con mayor precisión la geometría de la corona (figuras 22 y 23).

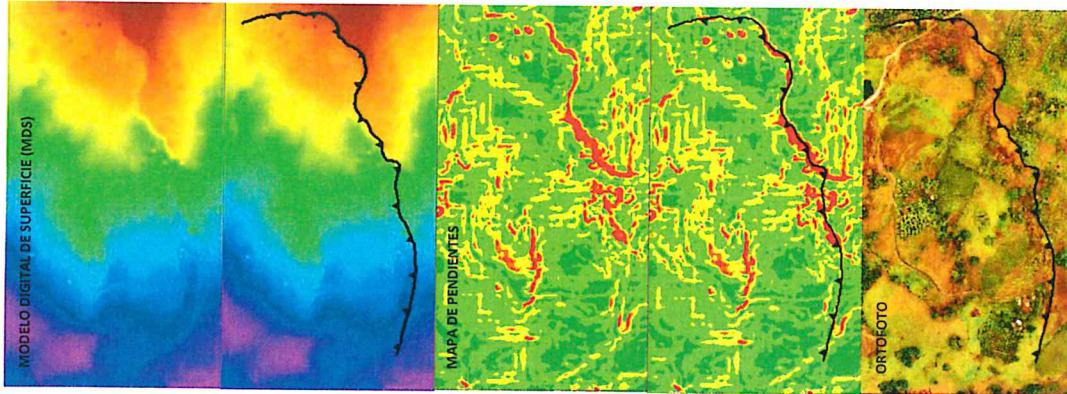


Figura 22. Capas obtenidas del modelo digital de terreno de la zona de estudio.



Figura 23. Vistas de la corona del deslizamiento y la longitud total alcanzada por el evento.

Escarpe

Se ha determinado que existe un escarpe principal sin presencia de escarpes secundarios, el escarpe es la cara frontal de la superficie vertical o sub vertical del plano de falla que queda expuesto debido al desplazamiento ladera abajo del cuerpo principal o masa desplazada, marcando un cambio abrupto de pendiente formando saltos o desniveles variables, en la zona de estudio se tienen desplazamientos del orden de 1 a 20 m de alto incrementando progresivamente de norte a sur, medidos en campo y mediante el análisis de modelos digitales de elevaciones (figura 24).

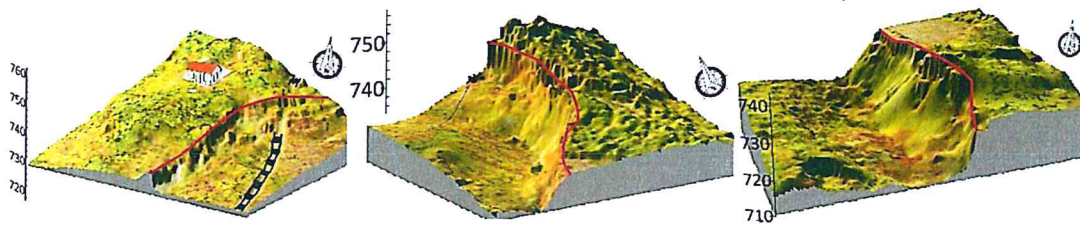


Figura 24. Secciones transversales del escarpe de deslizamiento.

Una característica típica de los deslizamientos de tipo rotacional es que, la corona y el escarpe tienen forma circular o cóncava, el desplazamiento del talud expuesto a permitido cartografiar de forma directa los depósitos y materiales Cuaternarios Recientes llegando a identificar hasta 5 capas sedimentarias con niveles de humedad medios a altos (figura 25).



Figura 25. Vistas del escarpe principal del deslizamiento con diferentes alturas.

En las paredes del talud han quedado expuestas las estrías de falla que indican la dirección del desplazamiento del material, se forman debido a la fricción o rozamiento que existe entre dos planos de cuerpos o masas de sedimentos que se mueven de forma opuesta uno con respecto a otro, a esta zona se le denomina plano o superficie de deslizamiento.

Cabe destacar que, la corona se extiende de norte a sur cortando la vía afirmada que conecta los centros poblados de Naranjos Alto y Diamante Alto, que fue interrumpida por varias horas, sobre el flanco derecho también fueron afectadas dos conexiones de agua potable que abastece a las viviendas ubicadas ladera abajo, hacia el sur en el flanco izquierdo la formación del escarpe destruyó por completo la vía asfaltada (departamental) que comunica a Naranjos Alto con los sectores Santa Isabel, José Olaya, Naranjitos y Puerto Naranjitos (figura 26).

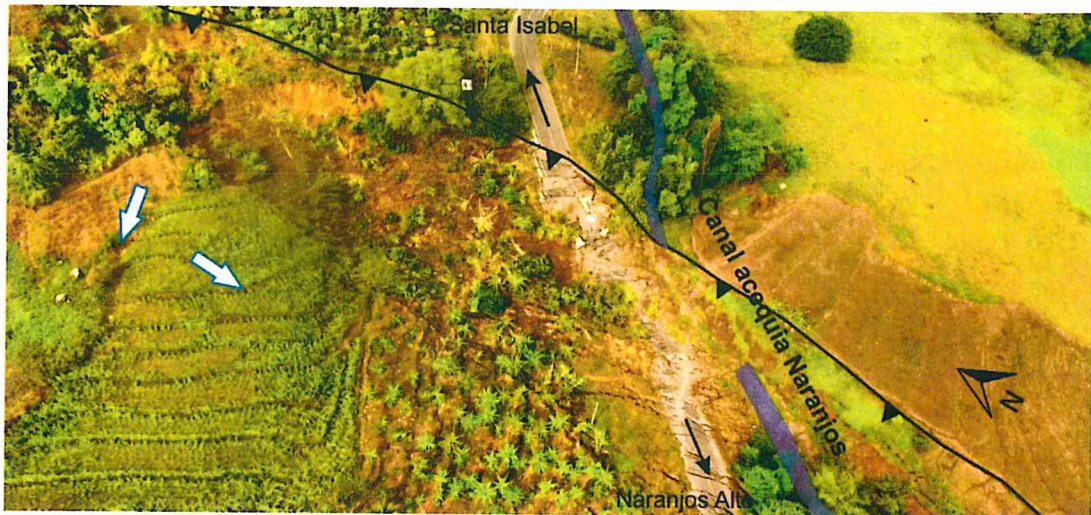


Figura 26. Vista aérea de la vía asfaltada departamental destruida y el canal Naranjos.

La zona más afectada fue la vía Naranjos Alto hacia Santa Isabel en donde también se ubican 5 viviendas, además del canal acequia Naranjos que abastece de agua a las áreas de cultivo ubicadas ladera abajo, las grietas longitudinales típicas de este tipo de evento de remoción en masa han desplazado las estructuras con direcciones norte a sur y de noreste a suroeste (figura 27).



Figura 27. Vía asfaltada con grietas longitudinales que han formado pequeños escarpes escalonados.

6.4.2. Cuerpo del deslizamiento

Masa o material desplazado

Está conformado por la corona, el escarpe, la cabecera, el pie y el material o masa desplazada la que abarcó 40 has de terrenos agrícolas, inicia en la base o nivel inferior del escarpe principal, tiene 1034 m de longitud y 832 m de ancho, la profundidad o espesor de la masa desplazada se ha estimado en 25 m, debido al desnivel entre la corona y el escarpe (figura 28).

Basculamientos

Próximo al escarpe y dentro de la masa desplazada también se observan movimientos de basculamiento en las superficies, estos se originan debido a la rotación que sufren los materiales a lo largo de su eje, mientras el eje próximo al plano de falla se mueve ladera debajo de forma circular la parte superior se eleva y mueve de forma opuesta, los árboles suelen inclinarse en dirección opuesta al movimiento. Debido a la baja resistencia a la deformación la masa o los materiales tienden a separarse por el esfuerzo o la posterior desecación de los mismos, en el cuerpo del deslizamiento se desarrollan

grietas longitudinales de diversa extensión que se emplazan de forma paralela a la corona (figura 29).

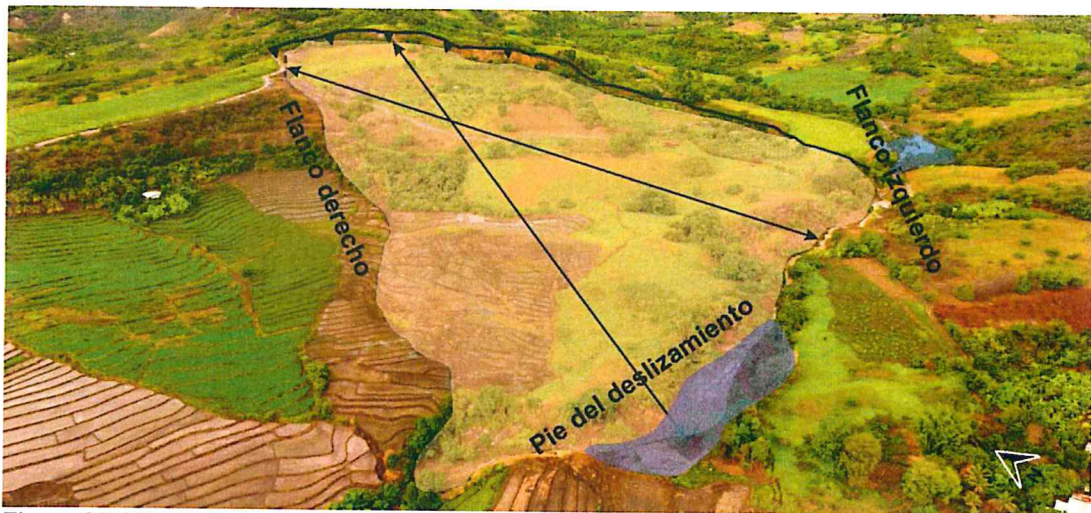


Figura 28. Vista aérea donde se delimita el material desplazado.



Figura 29. Zona de basculamiento próxima al escarpe del deslizamiento.

Además, es típico observar áreas o zonas de subsidencia y de levantamiento producto del empuje que ejercen los materiales desplazados ladera abajo, sobre las zonas elevadas también se forman grietas radiales. Estas áreas han modificado los trazos de las carreteras y canales con ascensos de 15 m y descensos de 10 m a 20 m aproximadamente (figura 30).

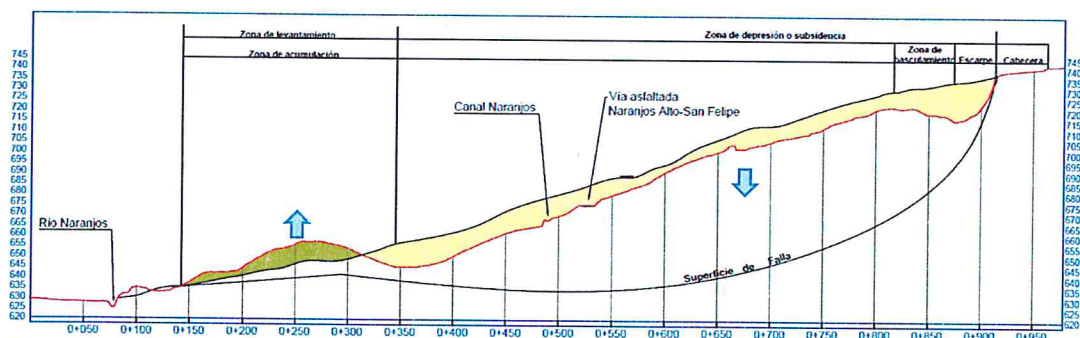


Figura 30. Perfil transversal del deslizamiento de Naranjos.

Desplazamiento

El desplazamiento promedio total calculado de la comparación de la imagen satelital el año 2017 y la ortofoto obtenida mediante fotogrametría con drones un día después del deslizamiento es de 26.2 m, el máximo es de 34.4 y el mínimo de 6 m, estos vectores han tomado como referencia viviendas, vías asphaltadas, cajas de distribución de agua, tienen direcciones de norte a sur y de noroeste a sureste (figura 31).

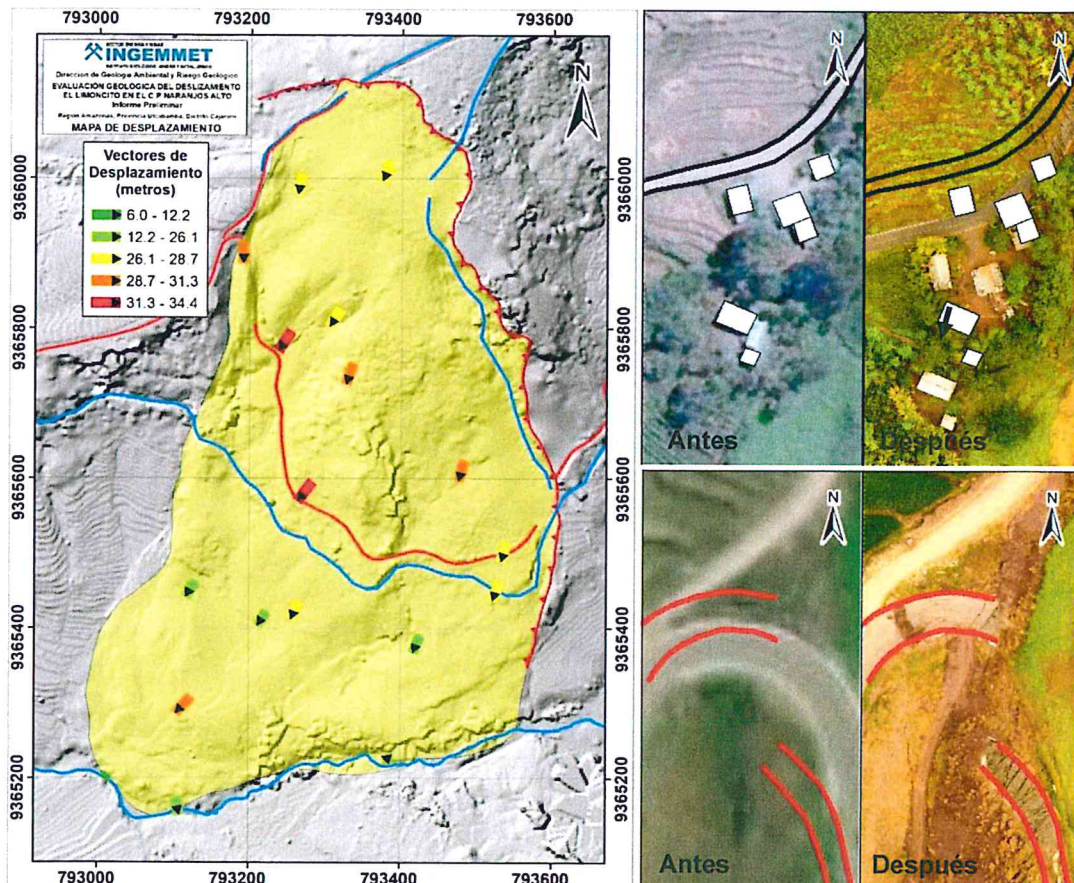


Figura 31. Vectores de desplazamiento y vistas del antes y después del deslizamiento.

Represamiento del río Naranjos

Hacia el flanco izquierdo del deslizamiento, el río Naranjos fue represado en dos tramos debido al material desplazado, esto provocó que se formaran dos lagunas que fueron incrementando el tirante de agua con el riesgo de un desembalse que originaría un flujo de lodos poniendo en peligro a las viviendas ubicadas aguas abajo (figuras 32 y 33).

A. El tirante de agua de la laguna de 250 m de largo y 110 m de ancho, formada en el canal el Porvenir ubicado aguas arriba paso de 1 m a 5 m de altura, tapando por completo dicha estructura, cultivos de arroz y cacao se perdieron debido a la inundación.

B. La segunda laguna ubicada 430 m de distancia de la primera, llegó a registrar tirantes de agua de hasta 3 m, con una longitud de 80 m y 25m de ancho.

La trocha carrozable Naranjos Alto-Misquiyacu ubicada aguas abajo que se utilizó como una ruta alterna hacia los poblados de Naranjitos, Alto Amazonas, José Olaya y Santa Isabel podría haber sido seriamente afectada de ocurrir un flujo debido a los represamientos.

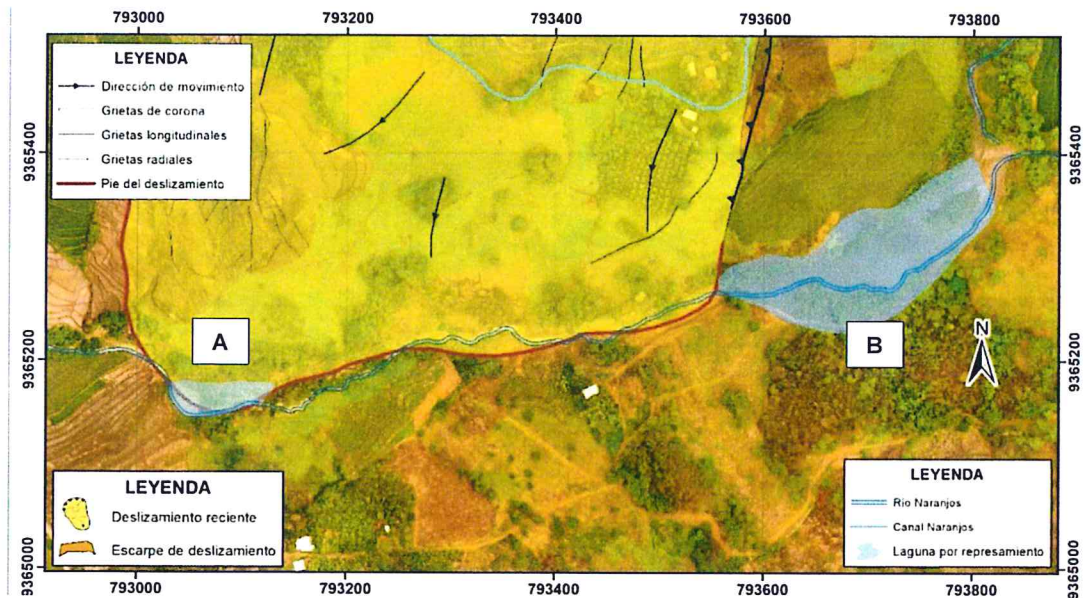


Figura 32. Ubicación de las zonas de represamiento del río Naranjos.

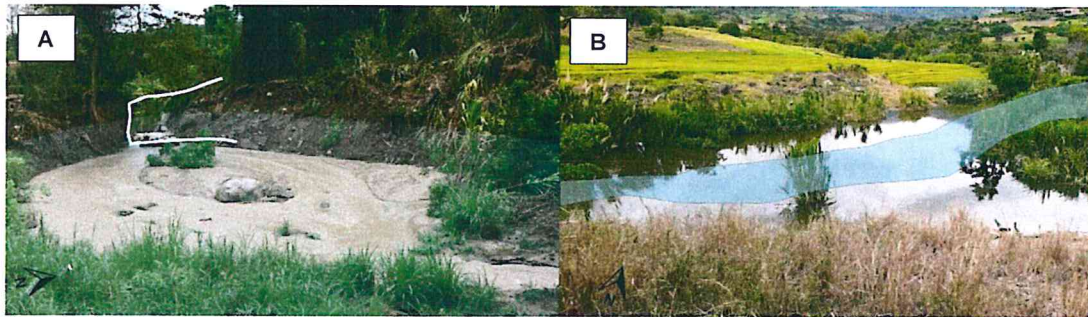


Figura 33. Zonas de embalse debido al material desplazado.

6.5. Mecanismos de falla de ladera

Los deslizamientos son los tipos de movimientos en masa que causan el mayor porcentaje de pérdidas económicas debido al impacto que generan a las infraestructuras, áreas urbanas, vías de comunicación y conexiones de agua potable y electricidad. Los factores que influyen en la ocurrencia de estos eventos geodinámicos están relacionados a los tipos de materiales y sedimentos que constituyen la cobertura cuaternaria de una ladera; junto con la pendiente, las geoformas del relieve y otros; constituyen los denominados factores condicionantes.

Mientras que, las precipitaciones pluviales y los sismos son considerados los principales factores desencadenantes; sin embargo, en los últimos años se ha asignado un mayor peso en el cálculo de los riesgos y peligros al factor antrópico inducido por el hombre.

En este ítem se determinan y describen los factores claves que intervinieron para que la zona conocida como el sector El Limoncito sea afectada por un deslizamiento de tipo rotacional.

6.6. Factores condicionantes

6.6.1. Cobertura Cuaternaria

La interacción entre los factores climáticos tales como la temperatura, las lluvias, la humedad, el viento, etc., y la presencia de una roca preexistente o roca madre, causan lentamente su degradación y erosión en componentes o partes cada vez más pequeñas, éstas al transportarse y depositarse crean nuevas coberturas que, con el paso del tiempo de reacomodan, asientan o compactan. La naturaleza de estos depósitos

denominados como Cuaternarios dependerá del tipo de roca origen y los efectos físicos o químicos del modelamiento de la superficie.

Teniendo en cuenta que, los principales afloramientos ubicados al norte del área del deslizamiento corresponden a rocas sedimentarias conformadas principalmente por lutitas, areniscas, limoarcillitas, margas, limos y limolitas, estas constituyeron la roca fuente desde donde se erosionaron los materiales que finalmente formaron la cobertura aluvial de naturaleza arcillosa observada en el escarpe del deslizamiento.

Mientras que, las capas detríticas conformadas por gravas y clastos angulosos a subredondeados de areniscas con matriz areno arcillosa formaba un estrato poroso por donde se infiltraba el agua de escorrentía, las capas de arcillas ubicadas a partir de 2 m de profundidad se encargaban de retener el agua debido a la impermeabilización de los estratos, esto fue incrementando la carga a los materiales ubicados a más de 4 m de profundidad (figura 34).

Los suelos se fueron saturando progresivamente a medida que continuaba el riego por gravedad proveniente del canal acequia El Limoncito y hacia el flanco izquierdo por el Canal Naranjos.

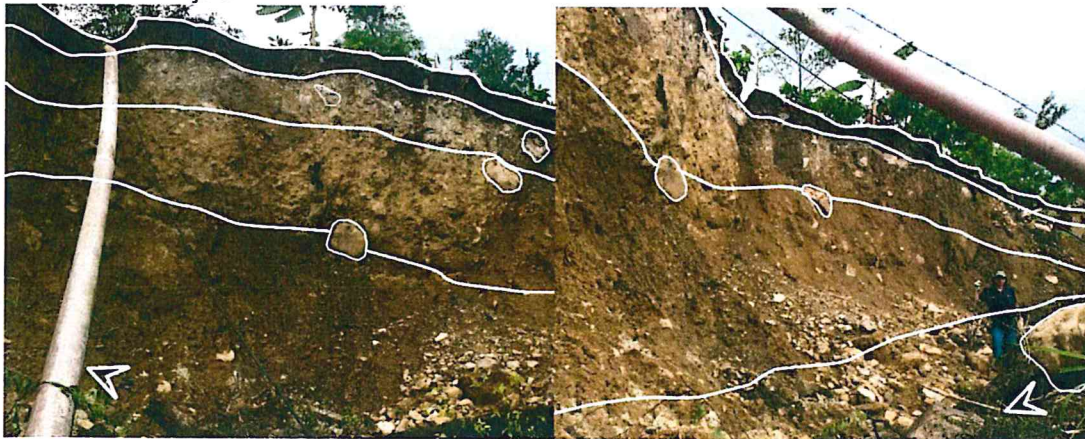


Figura 34. Materiales y sedimentos aluviales saturados a los 3 m de profundidad.

6.6.2. Litología

Los depósitos cuaternarios se asientan sobre la Formación Sambimera Miembro Superior conformada por lutitas detríticas por donde el agua se continuó infiltrando hasta las limoarcillitas gris brunaceas, estas intercalaciones de capas arcillosas en contacto con el agua lubricaron los planos de falla hasta causar el deslizamiento (figuras 35 y 36).



Figura 35. Capas de lutitas y limoarcillitas expuestas en el flanco derecho del deslizamiento.



Figura 36. Limoarcillitas sobresaturadas con presencia de estrías de desplazamiento.

Las estrías evidencian el contacto entre los depósitos Cuaternarios y los estratos de limoarcillitas, la pérdida de cohesión y resistencia producto de la saturación de los sedimentos produjo el desplazamiento.

6.7. Factores desencadenantes

6.7.1. Suelos sobresaturados

La zona de estudio presenta canales, acequias y quebradas no revestidas ni impermeabilizadas, conocidas las características de los depósitos recientes, el agua de escorrentía producto del riego por gravedad fluía libremente, gran parte se infiltraba al subsuelo saturando las capas de materiales y sedimentos de naturaleza arcillosa (figura 39).

Canal acequia El Limoncito

Se desplaza de noreste a suroeste por el centro de la corona del deslizamiento hasta llegar a la posición actual del escarpe principal donde existía un reservorio considerado como punto crítico y que influyó en la falla de la ladera al sobresaturar los suelos. Desde este punto, se dividía en dos ramales, el primero con dirección sur hasta llegar al canal Naranjos y el otro hacia el norte límite con el flanco derecho del deslizamiento.

Tal como se observó en las imágenes multitemporales, el suelo ya presentaba deformaciones, por lo que se colocaron tuberías de PVC para conducir el agua fuera de esta zona ladera abajo, dicha medida funcionó parcialmente debido a que el reservorio continuaba recibiendo agua.

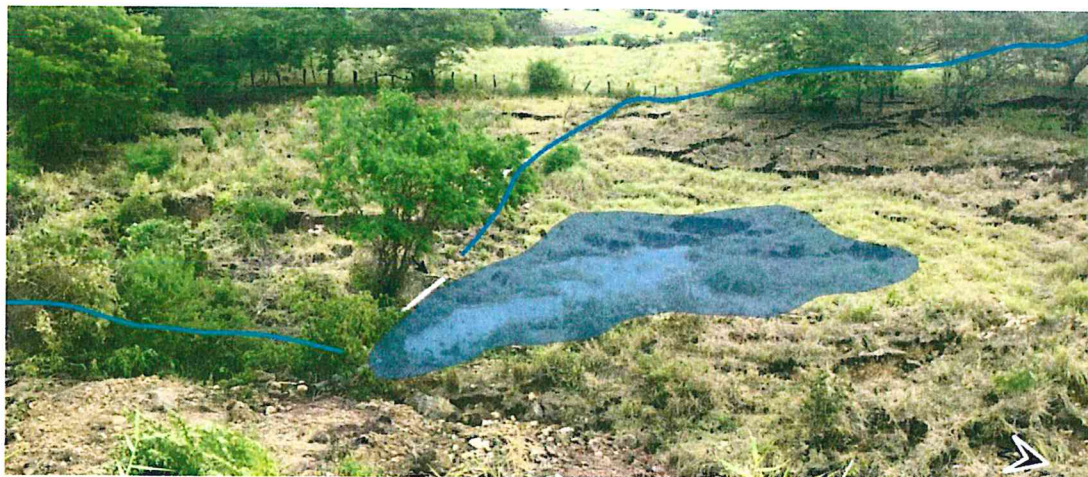


Figura 37. Vista del material desplazado, reservorio y tuberías de PVC.

Canal Naranjos

El trazo del canal o acequia Naranjos se desplazaba de noreste a suroeste de forma paralela a la vía asfaltada Naranjos Alto-San Felipe y conducía el agua para irrigar los cultivos de arroz, recolectaba el agua proveniente del canal El Limoncito, para luego bordear la ladera por la parte media del deslizamiento.

Mediante la fotogrametría con drones y el recorrido total del trazo del canal Naranjos se identificaron puntos de subsidencia y levantamiento de hasta 12 m por sobre el nivel original, además de desplazamientos laterales.



Figura 38. Vista del Canal Naranjos, subsidencia y desplazamiento latera.

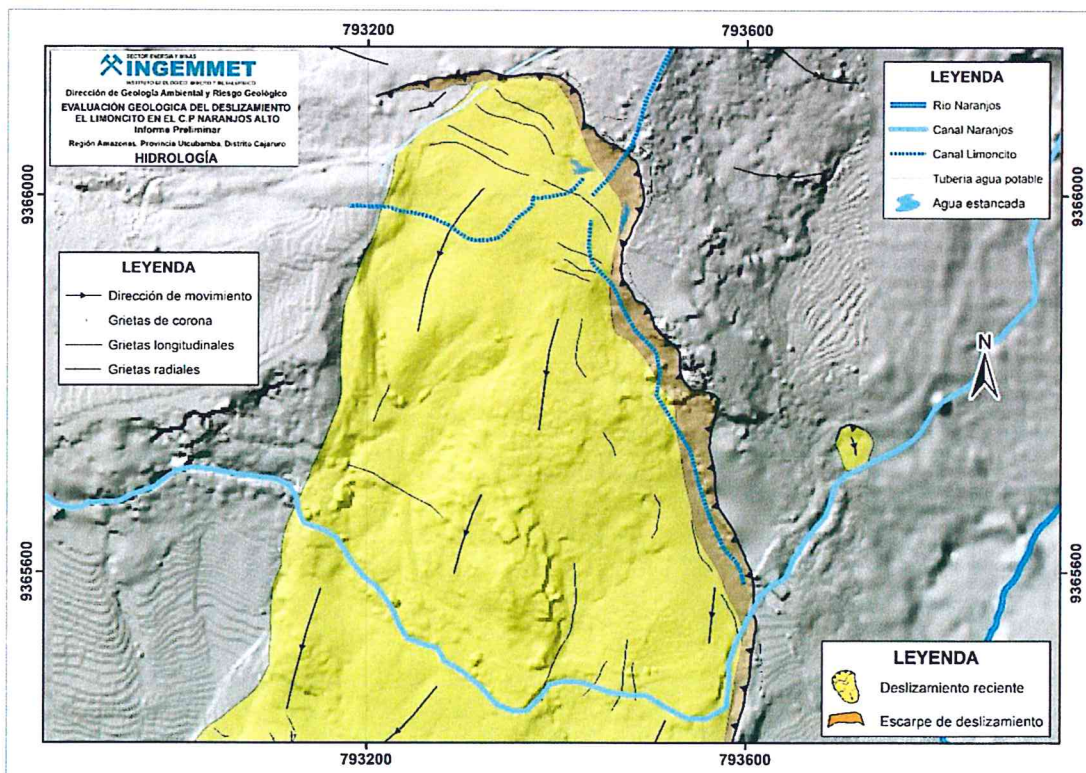


Figura 39. Hidrología de la zona de estudio.

6.8. Daños

6.8.1. Vía asfaltada Naranjos Alto-San Felipe

Los daños producidos por el deslizamiento de Naranjos han dejado pérdidas económicas importantes, además del desabastecimiento temporal del agua para irrigación de los cultivos de arroz que pudo causar la pérdida de los mismos.

La infraestructura más afectada fue la vía asfaltada Naranjos Alto-San Felipe, más de 850 m de longitud totalmente perdidos debido al desplazamiento de los materiales cuantificado en más de 30 m, la rehabilitación o reconstrucción de esta vía es inviable ya que el deslizamiento podría reactivarse en futuros eventos (figura 40).

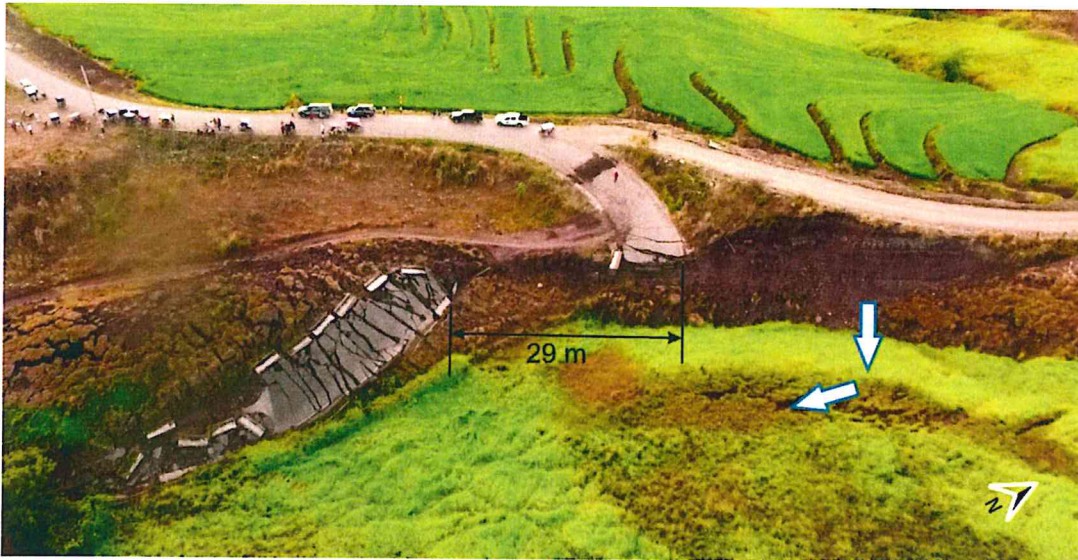


Figura 40. Daños producidos en la principal vía de comunicación de la zona.

6.8.2. Vía Naranjos Alto-Diamante alto

Un tramo de 130 m de longitud de la vía afirmada fue desplazado por la corona y el flanco derecho del deslizamiento, la subsidencia fue mayor a 3 m y se desplazó hasta 26 m ladera abajo, debido a la saturación de los materiales la tarea de rehabilitación fue más difícil debido utilizar maquinaria retroexcavadora.



Figura 41. Corona y escarpe del deslizamiento que afecto la vía hacia Diamante Alto.

6.8.3. Canal-acequia Naranjos

Esta estructura es la principal abastecedora de agua para riego de los cultivos de arroz y Cacao ubicados ladera abajo, se extiende desde la bocatoma ubicada a 850 m hacia el noreste en el río Naranjos y llega hasta el centro poblado del mismo nombre. El escarpe y desplazamiento de la masa deslizada produjo que el canal quedara interrumpido en varios tramos, la subsidencia y levantamiento de la superficie del cuerpo del deslizamiento de 10 m a 15 m respectivamente, imposibilitó la rehabilitación del canal (figura 42). La primera medida tomada para no saturar los sedimentos ya removidos fue el corte del flujo en la bocatoma y el entubamiento del mismo para rehabilitar el riego de los cultivos.



Figura 42. Canal y alcantarillas de la quebrada Naranjos totalmente destruidos.

6.8.4. Viviendas

Dentro del cuerpo del deslizamiento se ubicaban 5 viviendas de adobe y caña que fueron inmediatamente reubicadas por las instituciones de primera respuesta como INDECI, los daños registrados corresponden a basculamientos debido al desplazamiento de los materiales y suelos de cimentación, las grietas longitudinales de más de 20 cm separaron las estructuras de las casas.



Figura 43. Grietas longitudinales de hasta 20 cm de ancho y 50 m de largo.

7. ZONA DE REUBICACIÓN

La primera medida tomada por el equipo de INDECI fue la reubicación de las 4 familias damnificadas por el deslizamiento de Naranjos Alto, el área destinada se encuentra en las siguientes coordenadas (cuadro 02):

Cuadro 02. Polígono propuesto para reubicación.

Código	Norte	Este
1	9366606	793556
2	9366599	793554
3	9366600	793547
4	9366608	793549

Fuente: INDECI.

La zona se encuentra 510 m al norte de la zona afectada por el deslizamiento, tiene un relieve ondulado con pendientes menores a 25°, no se observan zonas susceptibles a deslizamientos. Para habilitar la probable área de reubicación temporal o definitiva se deben tener las siguientes consideraciones:

- Estudio de suelo para caracterizar las mejores condiciones de cimentación de los suelos del área disponible.
- Construir un drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo.
- La expansión urbana debe ser controlada y ordenada para asegurar la seguridad física del área urbana.
- Los cortes de ladera próximos a esta área tendrán que realizarse con dirección técnica especializada.

8. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

A continuación, se describen algunas propuestas generales para mitigar las zonas afectadas por deslizamientos, estas medidas estructurales y no estructurales tienen el objetivo de minimizar los daños frente a la ocurrencia de nuevos deslizamientos y derrumbes.

8.1. Medidas estructurales

8.1.1. Canal de coronación

Las zanjas en la corona 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 afectado. 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 44).

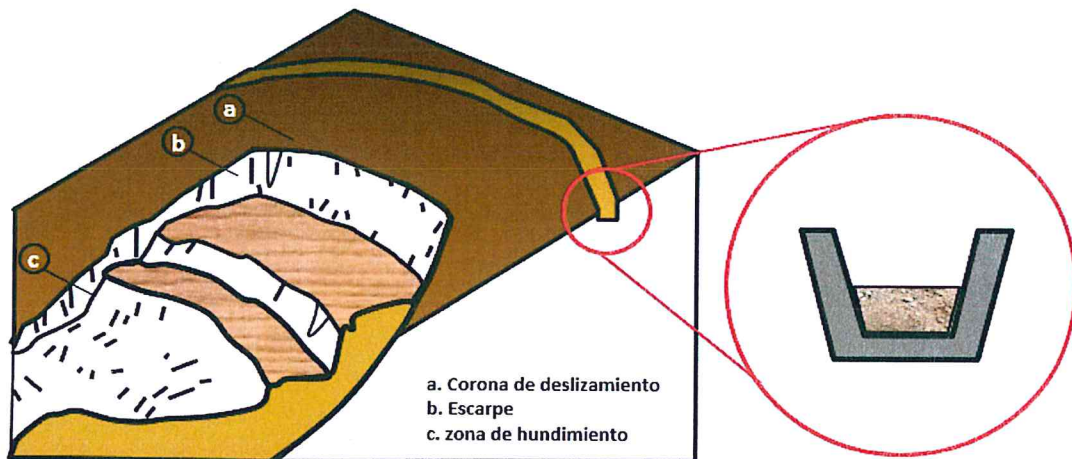


Figura 44. Esquema de zanjas de coronación o drenaje de deslizamiento.

8.1.2. Sistemas de drenaje dendrítico

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 45).

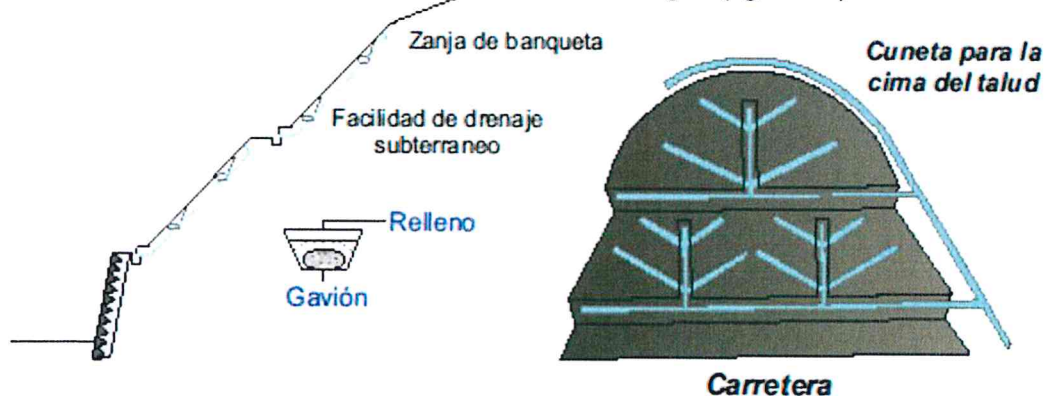


Figura 45. Esquema de drenaje dendrítico.

8.1.3. 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 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 46).

En los taludes de corte, normalmente se diseñan banquetas de 1 m a 2 m de ancho cada 5m 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.

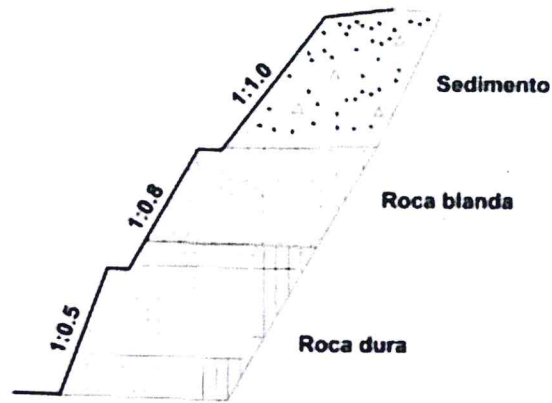


Figura 46. Condiciones de terreno y forma de taludes.

CONCLUSIONES

- a) Geomorfológicamente, el sector El Limoncito se ubica sobre una colina estructural en rocas sedimentarias con rangos de pendientes menores a 20° con superficies y relieves suaves y ondulados, limitando al norte con montañas estructurales que presentan zonas de escarpes con pendientes mayores a 30°.
- b) Los depósitos Cuaternarios conformados por gravas y clastos angulosos de areniscas en matriz areno arcillosa formó un medio poroso por donde se infiltraba el agua de escorrentía, los estratos arcillosos ubicadas de 2 a 3 m de profundidad retenían el agua debido a la impermeabilidad del sedimento, estas condiciones, en conjunto fueron incrementando la carga a los materiales ubicados a más de 4 m de profundidad.
Los sedimentos que constituyen la base donde se asienta la cobertura cuaternaria de los deslizamientos está conformada por arcillitas y limoarcillitas que en contacto con el agua perdieron cohesión y resistencia causando el deslizamiento, factor que se comprobó con la presencia de las estrías de contacto que indican el movimiento opuesto uno del otro de ambos paquetes.
- c) La caracterización del peligro geológico a través de la descripción morfométrica in situ tales como: la forma cóncava de la corona y las estrías de desplazamiento identificadas en la cara frontal del escarpe, las grietas longitudinales y paralelas de 15 m de longitud y 50 cm de ancho ubicadas sobre la cabecera del deslizamiento, la deformación de la superficie observada mediante imágenes satelitales desde el año 2006 hasta el 2017 y las zonas susceptibles a la formación de nuevos escarpes y deslizamientos han clasificado el movimiento en masa del sector El Limoncito como un **DESLIZAMIENTO DE TIPO ROTACIONAL RETROGRESIVO EN ESTADO ACTIVO**.
Se identificaron 3 deslizamientos antiguos adyacentes al deslizamiento Naranjos, estos abarcan más de 100 m de longitud, afectan principalmente a terrenos de cultivos y vías de acceso.
- d) El factor desencadenante del deslizamiento Naranjos fue el riego por gravedad inducido por la actividad antrópica, los antecedentes y el análisis multitemporal de imágenes satelitales mostraban que desde el año 2006 ya se evidenciaba una deformación importante en la misma área donde se formó la corona y el escarpe del deslizamiento ocurrido el 17 de octubre. El canal acequia El Limoncito que vertía agua a un reservorio y luego hacia el canal Naranjos en el flanco izquierdo y hacia el flanco derecho sobresaturaban los sedimentos y materiales del subsuelo.
La presencia de canales, acequias y quebradas no revestidas o impermeabilizadas incrementaron el riesgo hasta la falla y posterior deslizamiento.
- e) Se han identificado grietas extensionales hacia el norte, sur y noreste a menos de 100 m del escarpe principal, estas zonas pueden formar nuevos escarpes de deslizamiento.
Hacia el flanco izquierdo y a 100 m del cauce del río Naranjos se está formando un escarpe cuyo material o masa deslizada podría causar un nuevo represamiento, debido a las condiciones actuales y descritas de los depósitos Cuaternarios y la presencia de estratos arcillosos, se considera que la zona presenta un **"Peligro muy Alto por Movimientos en Masa**, además de **Peligro inminente** a la ocurrencia de nuevos procesos de remoción en masa en los 03 deslizamientos antiguos ya que todos presentan nuevas grietas y superficies que podrían fallar frente a sismos o lluvias.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar la reubicación de las viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento, además de establecer una zona de amortiguamiento de 100 m hacia el exterior del polígono del deslizamiento.
- b) Catalogar la zona afectada como no habitable y prohibir la construcción de viviendas; así como, la modificación de las laderas para cualquier tipo de cultivo.
- c) Replantear y reubicar las instalaciones de agua potable, cajas de distribución, así como el Reservorio de Agua próximo a la corona.
- d) Reparar las instalaciones de agua donde se identifiquen fugas que luego se infiltren al subsuelo.
- e) Las quebradas, acequias, canales y drenajes deben ser impermeabilizados con el objetivo de evitar la infiltración del agua, de ser posible se recomienda el entubamiento de los mismos.
- f) Construir, canales de coronación por encima de la corona y el escarpe; banquetas en los sectores con pendientes medias ubicadas en el escarpe y cauce del río Naranjos y sistemas de drenajes en el cuerpo del deslizamiento.
- g) Replantear el trazo de la vía asfaltada Naranjos Alto hacia San Felipe, así como la vía afirmada a Diamante alto.

.....
Ing. SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

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.
- Osterkamp, W.R. (2008). Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology. USGS Open File Report 2008-1217. Reston, VA: U.S. Geological Survey.
- Medina, A. & Dueñas, B. (2007) – Informe de zonas críticas de la Región Amazonas.
- 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.
- 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.
- 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.