

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7078

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO EL TESORO

Región Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



JULIO
2020

CONTENIDO

RESUMEN.....	03
1. INTRODUCCIÓN.....	04
1.1 Objetivos.....	04
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores.....	04
2. ASPECTOS GENERALES.....	05
2.1 Ubicación.....	05
2.2 Accesibilidad.....	05
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	07
3.1 Unidades Litoestratigráficas.....	08
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	09
4.1 Unidad de Montaña.....	09
4.2 Unidad de Colinas y lomadas.....	09
4.3 Unidad de Piedemonte.....	10
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	10
5.1 Conceptos básicos.....	10
5.2 Características de los deslizamientos en el caserío El Tesoro.....	11
6. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	23
CONCLUSIONES.....	26
RECOMENDACIONES.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

RESUMEN

En los sectores evaluados del caserío El Tesoro se identificaron cuatro deslizamientos originados en marzo del año 2019, a consecuencia de lluvias intensas; en el primer sector evaluado, el movimiento en masa afectó el canal de conducción de agua El Triunfo, actualmente entubado; en este sector también fueron afectados terrenos de cultivos de plátano y cacao. En el sector 2 el movimiento de masas afectó la vía carrozable, terrenos de cultivos de arroz y plátano; en los sectores 3 y 4 fueron afectados terrenos de cultivos de arroz y plátano.

En el terreno se reconocieron las siguientes unidades geomorfológicas: montaña (sub unidad de montañas con laderas de moderada pendiente), colinas y lomadas (sub unidad de colina estructural en roca sedimentaria) y piedemonte (sub unidad de abanico aluvial).

Los deslizamientos identificados en los cuatro sectores se presentan sobre suelos limo-arcillosos con poca presencia de bloques, gravas y clastos de calizas, en el cuerpo del deslizamiento.

Los factores condicionantes que han generado el evento son:

- a) Suelos limo-arcillosos con poca resistencia a la ocurrencia de movimientos de masa.
- b) La denudación de los terrenos para la migración de cultivos, permite la filtración directa del agua de escorrentía al suelo.
- c) Pendiente promedio del terreno (20°).
- d) Cultivos de arroz en el entorno de los sectores afectados por deslizamientos, los cuales se desarrollan con riego por inundación permanente; actividad que satura los terrenos.
- e) Aumento del peso de la masa inestable por la saturación del terreno con agua; al encontrarse en alta pendiente y bajo acción de la gravedad, el terreno se desestabiliza.

La zona más poblada del caserío se encuentra al oeste de los sectores deslizados 1 y 2, por debajo de los sectores 3 y 4, las cuales se encuentran ubicadas al pie de zonas de cultivos de arroz, plátano y cacao; los cuales en el futuro podrían ser afectadas por movimientos que además pueden comprometer la infraestructura y la integridad física de los pobladores.

Se deben implementar medidas de mitigación dentro de las cuales una de las principales es realizar el cambio de tipo cultivos que necesita riego por inundación y agua permanente, por cultivos que se desarrollen con riego controlado o goteo; realizar un monitoreo constante del deslizamiento, si se evidencia el avance del mismo, se tendrá que realizar la reubicación de los pobladores hacia una zona estable donde no presente peligros geológicos.

1. INTRODUCCIÓN

La municipalidad del distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, mediante Oficio N° 047-2020/MDC/A, de fecha 17 de febrero del 2020, solicito al Instituto geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), una evaluación técnica por peligros geológicos en la jurisdicción del caserío El Tesoro.

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la evaluación de peligros geológicos y consideraciones geotécnicas a nivel nacional; contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológicos en zonas que presentan elementos vulnerables. Para ello, la DGAR designó a los Ingenieros Luis León y Cristhian Chiroque, para realizar la evaluación técnica respectiva.

El trabajo de campo se realizó el día 18 de febrero del 2020, previa coordinación con el alcalde del distrito Cajaruro, durante el recorrido por la zona evaluada se contó con la presencia de un representante de la unidad de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Cajaruro.

Finalmente, con la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por INGEMMET, la interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas de la zona, datos obtenidos en campo (coordenadas GPS, fotografías) y la cartografía, se elaboró el informe técnico que incluye resultados y recomendaciones para mitigación y prevención de daños ocasionados por procesos activos en el marco de la gestión de riesgo de desastres.

Este informe se pone en consideración a la Municipalidad Provincial de Utcubamba y la Municipalidad Distrital de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región de Amazonas.

1.1. Objetivos

- Identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el caserío El Tesoro, del distrito de Cajaruro, que pueden comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- Plantear las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.
- Proponer recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos por movimientos en masa identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

A escala local no se dispone de trabajos relacionados con el presente estudio; la información disponible consta principalmente de trabajos a escala regional realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), entre los que destacan los siguientes:

Chacaltana et. al (2011) en el estudio denominado "Geología del Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande, hojas 11-g y 12-g"; el sector evaluado se encuentra dentro del cuadrángulo de Bagua Grande sobre un substrato rocoso conformado por la Formación Celendín, que está constituida por calizas, intercalada con limoarcillitas abigarradas.

Medina et. al. (2009) en el estudio denominado “Riesgo Geológico en la Región Amazonas”, indica que la frecuencia de peligros en la región Amazonas, caracterizada por variedad de climas, complejidad geológico-geomorfológica y sismicidad moderada está marcada por la ocurrencia de inundaciones, erosiones fluviales, movimientos en masa (huaicos, deslizamientos, derrumbes y aluviones) y sismos.

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

La zona estudiada corresponde al caserío El Tesoro (figura 1), distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, región Amazonas, ubicado entre las coordenadas UTM-WGS84 (tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de la zona de estudio

COORDENADAS		
Norte	Este	Cota
9356127	808221	807

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio, desde la ciudad de Cajamarca, es por vía terrestre, para ello se debe seguir por una carretera asfaltada, pasando por las localidades de Bambamarca, Chota, Cutervo, Bagua Grande y posteriormente al caserío el Tesoro (tabla 2).

Tabla 2. Rutas de acceso a la zona evaluada

ACCESIBILIDAD			
Tramo		Tipo de vía	Tiempo
Cajamarca	Chota	Asfaltado	4 h
Chota	Cruce Chipre	Asfaltado	3 h y 15 min
Cruce Chipre	Bagua Grande	Asfaltado	1 h y 15 min
Bagua Grande	El Tesoro	Asfaltado y trocha	1 h y 30 min

Fuente: Elaboración propia.

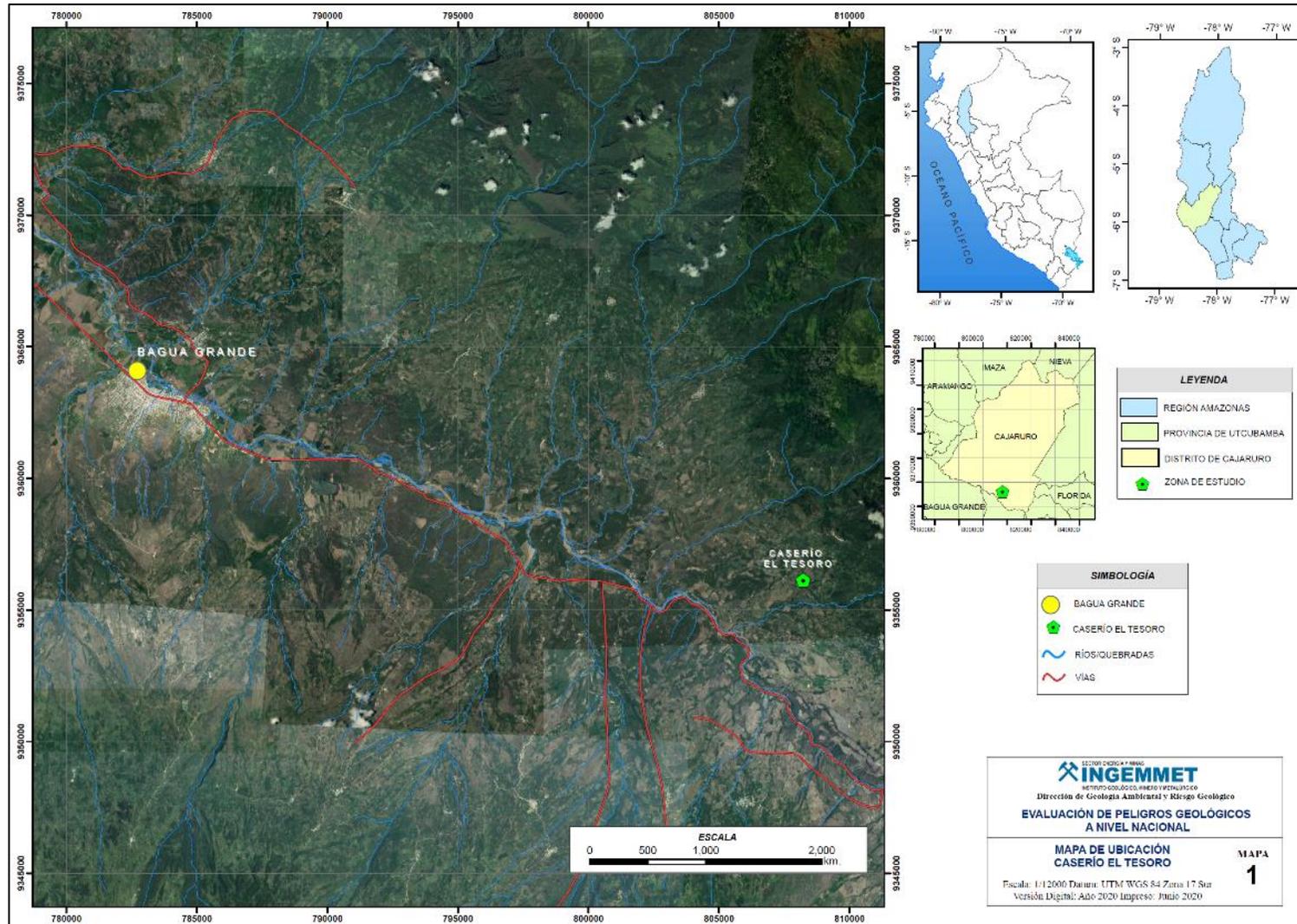


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio - Caserío El Tesoro.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

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

En las inmediaciones del caserío El Tesoro aflora la Formación Celendín conformados por margas y calizas nodulares gris a beige, altamente fracturadas, con lutitas de color amarillento; así también se encuentran depósitos coluviales con clastos y bloques de calizas envueltos en una matriz limo-arcillosa (figura 2).

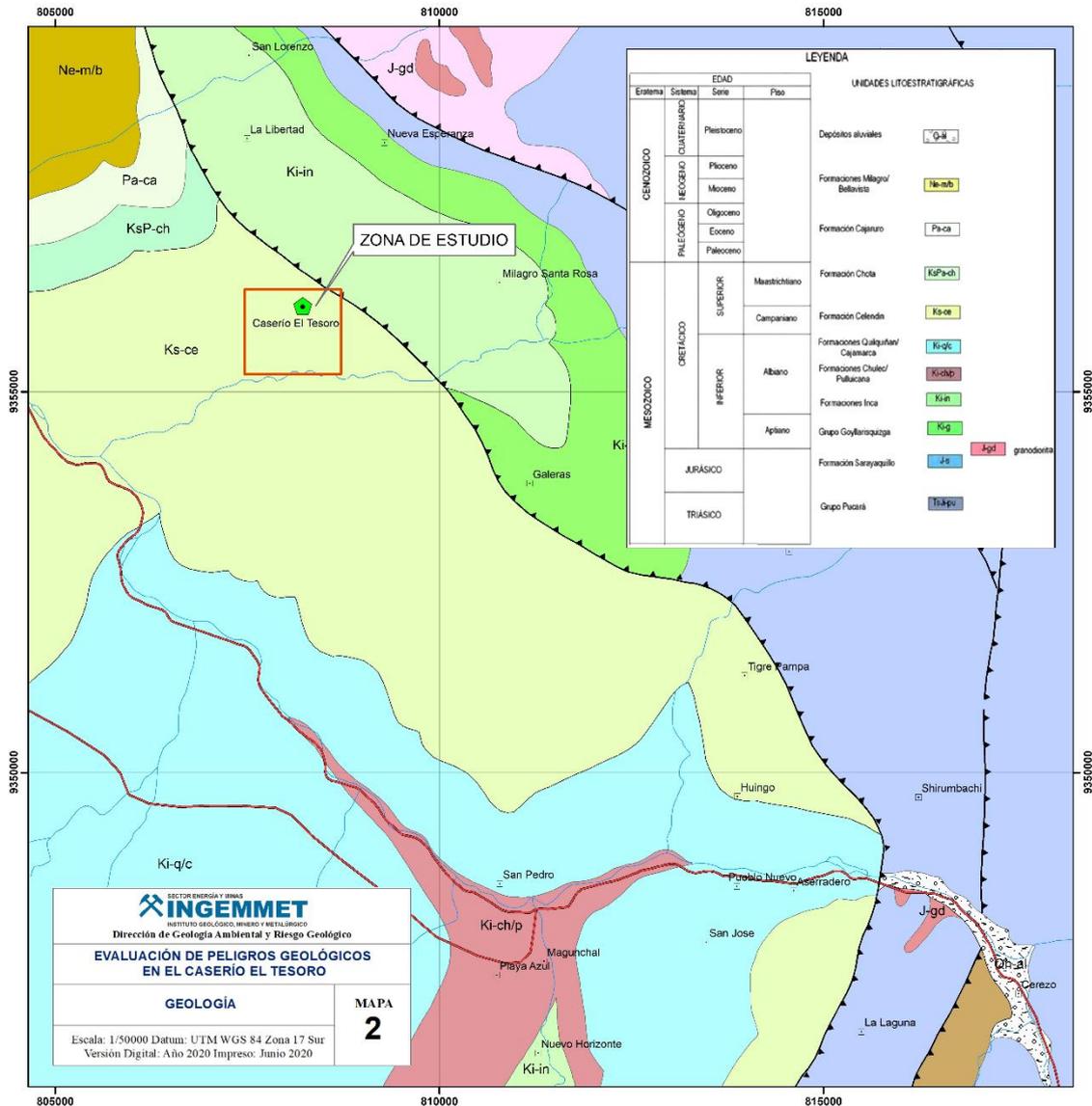


Figura 02. Geología del cuadrángulo de Bagua Grande y la zona de estudio.

3.1 Unidades Litoestratigráficas

A continuación, se presenta la descripción de las principales formaciones geológicas que afloran en el caserío El Tesoro:

a. MESOZOICA

Formación Celendín (Ks-ce)

En la zona evaluada esta unidad litoestratigráfica, está conformada por calizas nodulares, de color amarillento o crema muy fracturada, producto de la meteorización (fotografía 1).



Fotografía 1. Vista con dirección al noreste, se observa las calizas muy fracturadas, con coloración amarillenta a crema, poco resistente a los golpes del martillo de geólogo.

b. CUATERNARIO

Depósito Coluvial (Q-co)

Se encuentran formados por gravas y bloques de calizas, en matriz limo arenoso, poco compactos, muy inestables en las laderas por saturación con agua, permeabilidad alta; se encuentran acumulados en las laderas (fotografía 2).



Fotografía 2. Se observa material acumulado gravas y clastos de calizas dentro de una matriz de limo arcillas.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Según la geomorfología a escala regional contenida en la plataforma GEOCATMIN, la zona de estudio se asienta sobre una montaña estructural en roca sedimentaria y colina estructural en roca sedimentaria; a escala local se han identificado Montaña en roca sedimentaria, colina estructural en roca sedimentaria, lecho fluvio aluvial y abanico aluvial desarrollados sobre materiales sedimentarios.

4.1 Unidad de Montaña

Con alturas mayores a los 300 metros, se reconocen como cumbres y estribaciones que resultan de las deformaciones sufridas por la erosión e influencia de otros eventos de diferente naturaleza. En área evaluada están principalmente constituidas por rocas sedimentarias.

a. Subunidad de Montañas con laderas de moderada pendiente (Mm)

Presentan laderas de 15° a 30° de pendiente. Litológicamente están constituidas por rocas de tipo sedimentarias de edad Cretáceo, colindan con montaña de fuerte pendiente y montañas estructurales, generalmente asociadas a colinas estructurales.

4.2 Unidad de Colinas y lomadas

Representadas por colinas de relieve complejo y con diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña, menos de 300 metros desde el nivel base local y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968).

a. Subunidad de Colina estructural en roca sedimentaria

En el área de estudio se identificó la unidad morfológica de montaña y colina estructural desarrollada en rocas sedimentarias; donde por la continuidad de la colina hacia la zona de montaña es difícil separarlas. Litológicamente corresponde a rocas sedimentarias de la Formación Celendín (calizas), presentando laderas con pendiente suave que varían entre 15° a 25°.

4.3 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 Abanico aluvial

Depósitos de material suelto semiconsolidado que tienen una forma semicircular o de abanico, siendo su ápice o parte proximal más estrecha y empinada, se extiende hacia las montañas siguiendo el cauce del río por el cual discurrió y se depositó.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Para la descripción de los peligros geológicos se ha considerado como base la clasificación de Varnes (1978, 1996) y la terminología sobre Movimientos en Masa en la región Andina preparado por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007).

5.1 Conceptos básicos

A continuación, se definen algunos conceptos básicos referentes a peligros geológicos que serán utilizados en el presente informe.

Movimientos en Masa

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). La clasificación de movimientos en masa, de Varnes (1978) y Hutchinson (1988), tiene en cuenta dos elementos: el tipo de movimiento y el material. En cuanto al tipo de movimiento consideran cinco clases: caídas, vuelcos, deslizamiento, flujo y propagación lateral. Dentro de los materiales involucrados se consideran: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierras.

Estos movimientos en masa, tienen como causas factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de suelos, el drenaje superficial–subterráneo y la cobertura vegetal; combinados con factores extrínsecos, entre ellos se consideran la construcción de viviendas en zonas no adecuadas, construcción de vías de acceso y deforestación. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona; además para los deslizamientos, caída de rocas y derrumbes también influye como detonante los sismos.

a. Deslizamiento

Es un movimiento 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. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

Deslizamiento rotacional

Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (figura 4). La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe. Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad pre-existentes (Cruden y Varnes, 1996).

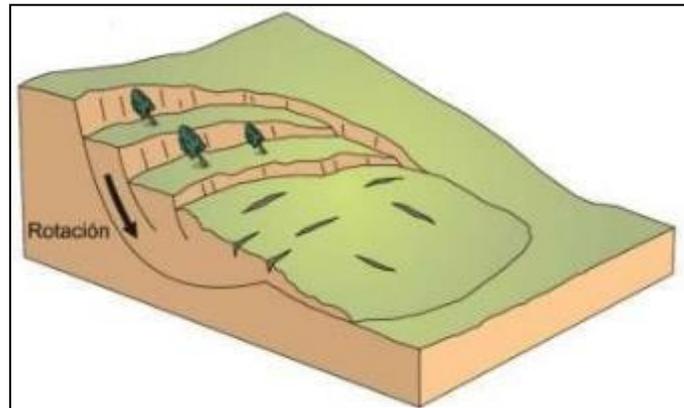


Figura 4. Deslizamiento Rotacional (PMA, 2007)

b. Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo

5.2 Características de los deslizamientos en el caserío El Tesoro

La interpretación de la ortofoto generado por el levantamiento de imágenes con DRON, realizado el 18 de febrero, así como por medio de los trabajos de campo en los sectores ubicados en el caserío El Tesoro, permitió determinar los movimientos en masa que se presentan.

En la parte alta de la zona urbana Se identificó dos deslizamientos con actividad geodinámica, según versión de los pobladores este evento se inició el mes de marzo del año 2018 durante la temporada de lluvias, afectando un canal de riego y terrenos de cultivos; la magnitud de los daños

fue comprobados a través de la interpretación de imágenes satelitales y el trabajo de campo in situ.

Es muy probable que estos fenómenos se reactiven o se presenten nuevos, en un periodo lluvioso extraordinario o un sismo de fuerte intensidad.

Se describen a continuación cada uno de los eventos identificados:

Sector 1 (S -1)

Ubicado en el canal el Triunfo y próximo a la quebrada San Francisco, en las coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Este: 808928 y Norte: 9356388; se presenta un deslizamiento rotacional (figura 5), con las siguientes características:

- Escarpa principal de 313 m, con salto vertical 2.5 m.
- Altura del pie a la corona 100 m.
- Longitud horizontal del pie a la corona 547 m.
- Ancho de masa desplazada 200 m.

Se puede apreciar que el deslizamiento afectó el canal de riego El Triunfo (figura 6, 7 y 8), en la actualidad la conducción de agua para riego en este sector se realiza a través de un canal entubado.

Causas principales:

- La erradicación de las especies arbóreas nativas, para la instalación de nuevas especies, denudando los terrenos sin implementar sistemas de drenajes y conservación de suelos.
- Ladera conformada por gravas y bloques de calizas no consolidados, matriz de limos y arcillas, la cual permitió la filtración y retención del agua, esto llegó a saturar al terreno y se originó el deslizamiento.
- La ladera tiene una pendiente con promedio de 20° a 30°, con escasa vegetación, la presencia de lluvia, permitió la erosión directa de la ladera.
- El factor desencadenante fueron las lluvias intensas.



Figura 5: Área deslizada debido a la denudación de suelos en ladera por deforestación, para prácticas de migración de cultivos sin control de erosión de suelos.



Figura 6. Vista del trazo del canal El Triunfo; el deslizamiento deterioro el canal antiguo, actualmente se encuentra entubado.



Figura 7. Se aprecia corte en el talud conformado por material deslizado; trabajos realizados para la entubación del canal de agua El Triunfo.



Figura 8. Agua de canal de agua el Triunfo ingresa a la quebrada San Francisco

Sector 2 (S-2)

Ubicado hacia el este de la zona urbana del caserío El Tesoro, en las coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Este: 808286 y Norte: 9356046; en este sector se tiene un deslizamiento rotacional (figuras 9, 10 y 11), que presenta las siguientes características:

- Escarpe principal de 190 m., con salto vertical 1.1 m.
- Altura del pie a la corona 20 m.
- Longitud horizontal del pie a la corona 107 m.
- Ancho de masa desplazada 140 m.

Causas principales:

- Ladera conformada por gravas y bloques de calizas, matriz de limos y arcillas, no consolidados, la cual permitió la filtración y retención del agua, esto llegó a saturar al terreno.
- Pendiente de ladera mayor a 15°, con escasa vegetación; la presencia de lluvia, permitió la erosión directa de la ladera.
- Debajo del área afectada se observa cultivos de arroz los cuales para su desarrollo necesitan agua de riego de manera permanente; en el entorno también se puede observar plantaciones de plátanos sin sistema de drenaje ni control de erosión, lo cual ocasiona la saturación de los suelos y como consecuencia el movimiento de los mismos.
- El factor desencadenante son las lluvias intensas, que llegaron a saturar al terreno no consolidado.



Figura 9. Zona deslizada cubierta por vegetación

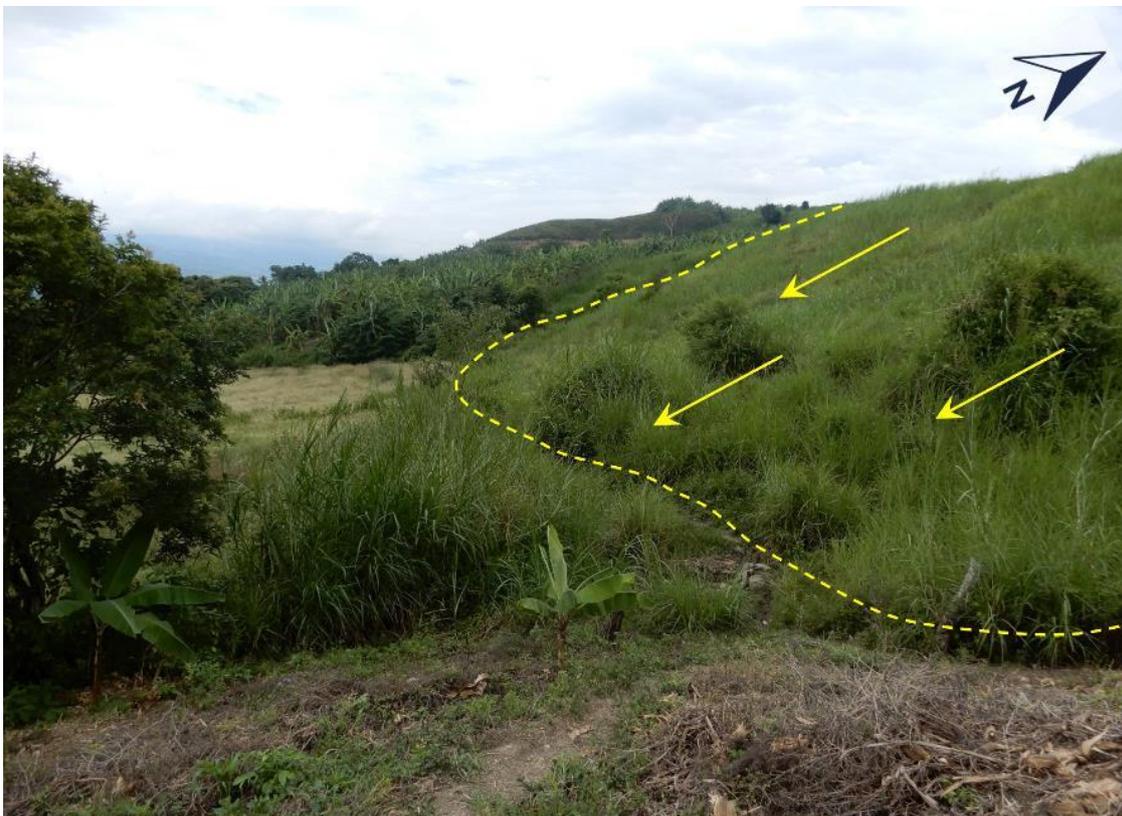


Figura 10. Deslizamiento cubierto de vegetación en dirección de avance hacia los cultivos de arroz.



Figura 11. Árbol inclinado, transportado durante el deslizamiento

Sector 3 (S-3)

Ubicado hacia el este de la zona urbana del caserío El Tesoro, en las coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Este: 807840 y Norte: 9356291, se tiene un deslizamiento rotacional (figuras 9, 10 y 11), que presenta las siguientes características:

- Escarpe principal de 51 m, con salto vertical 0.7 m.
- Altura del pie a la corona 18 m.
- Longitud horizontal del pie a la corona 100 m.
- Ancho de masa desplazada 60 m.

El cuerpo del deslizamiento al desplazarse por la ladera, afectó terrenos de cultivo y la vía carrozable.

Causas principales:

- Ladera conformada por suelos conformado por clastos de calizas, matriz de limos y arcillas, no consolidados, la cual permitió la filtración y retención del agua, esto llegó a saturar al terreno.
- Pendiente de ladera mayor a 15°, con escasa vegetación, la presencia de lluvias intensas, permitió la erosión directa de la ladera.
- Debajo y sobre del área afectada se observa cultivos de plátanos sin sistema de drenaje ni control de erosión, lo cual ocasiona la saturación de los suelos y como consecuencia el

movimiento de los mismos.

- El factor desencadenante son las lluvias intensas, que llegaron a saturar al terreno no consolidado.



Figura 12. Se aprecia material deslizado, conformado por limo arcillas con gravas de calizas, vista en dirección al suroeste.

Sector 4 (S -4)

Ubicado al este de la zona urbana del caserío El Tesoro, en las coordenadas geográficas UTM WGS84-17S, Este: 807781 y Norte: 9356393, se tiene un deslizamiento rotacional que presenta las siguientes características:

- Escarpe principal de 128 m., con salto vertical 0.7 m.
- Altura del pie a la corona 12 m.
- Longitud horizontal del pie a la corona 60 m.
- Ancho de masa desplazada 88 m.

El cuerpo del deslizamiento al desplazarse por la ladera, afecto terreno de cultivos.

Causas principales:

- Ladera conformada por clastos de calizas, con una matriz de limos y arcillas, no consolidados, la cual permitió la filtración y retención del agua, esto llegó a saturar al terreno.
- Pendiente de ladera mayor a 10°, terrenos denudados por la migración de cultivos y la presencia de lluvias intensas, permitió la erosión directa de la ladera.

- El factor desencadenante las lluvias intensas, que llegaron a saturar al terreno no consolidado.

El caserío El Tesoro está ubicado en un entorno geográfico donde el uso actual de los terrenos están ocupados por cultivos de arroz, plátano y cacao, en el caso de los primeros en su mayoría se ubican debajo de la zona urbana, que presenta un mayor número de cantidad de viviendas, en la parte superior se ha realizado la denudación de la vegetación nativa para la migración de los cultivos actuales, prácticas que se ha desarrollado sin implementar sistemas de conservación de suelos y sistemas de drenaje para controlar la saturación de los terrenos (figuras 13, 14 y 15); así mismo es necesario mencionar que en la parte baja del caserío encontramos un reservorio de agua sin revestimiento (figura 16), lo cual en un futuro podría originar movimientos de masas que afecten a los pobladores del caserío.



Figura 13. Se observa en la parte baja del caserío El Tesoro, el terreno denudado con desarrollo de cultivos de arroz, los cuales tienen riego constante por inundación; en la parte superior se tala de la vegetación nativa para la instalación de nuevas especies, prácticas que saturan los terrenos y posteriormente tienen problemas de movimientos en masa.



Figura 14. Se observa en la ladera, cultivos con riego por inundación y de manera permanente, esto permite la saturación de los suelos.

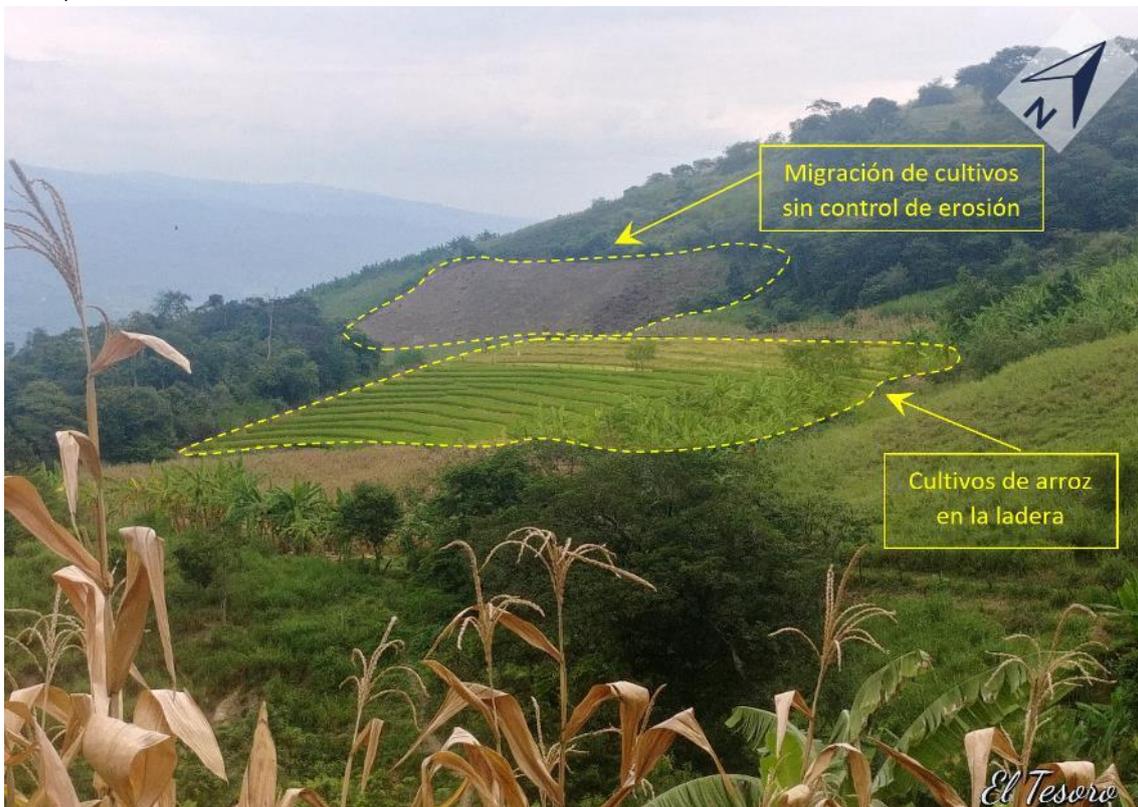


Figura 15. Se observa en la ladera, cultivos con riego por inundación y de manera permanente; así también se puede observar la denudación de la vegetación nativa para establecer nuevas especies, sin ningún control de erosión del suelo.



Figura 16. En la parte inferior derecha de la imagen se puede observar el reservorio de agua sin revestimiento, que contribuye a la saturación constante del terreno, lo cual podría comprometer al talud en la parte alta, donde se encuentra ubicada la zona urbana del caserío El Tesoro.

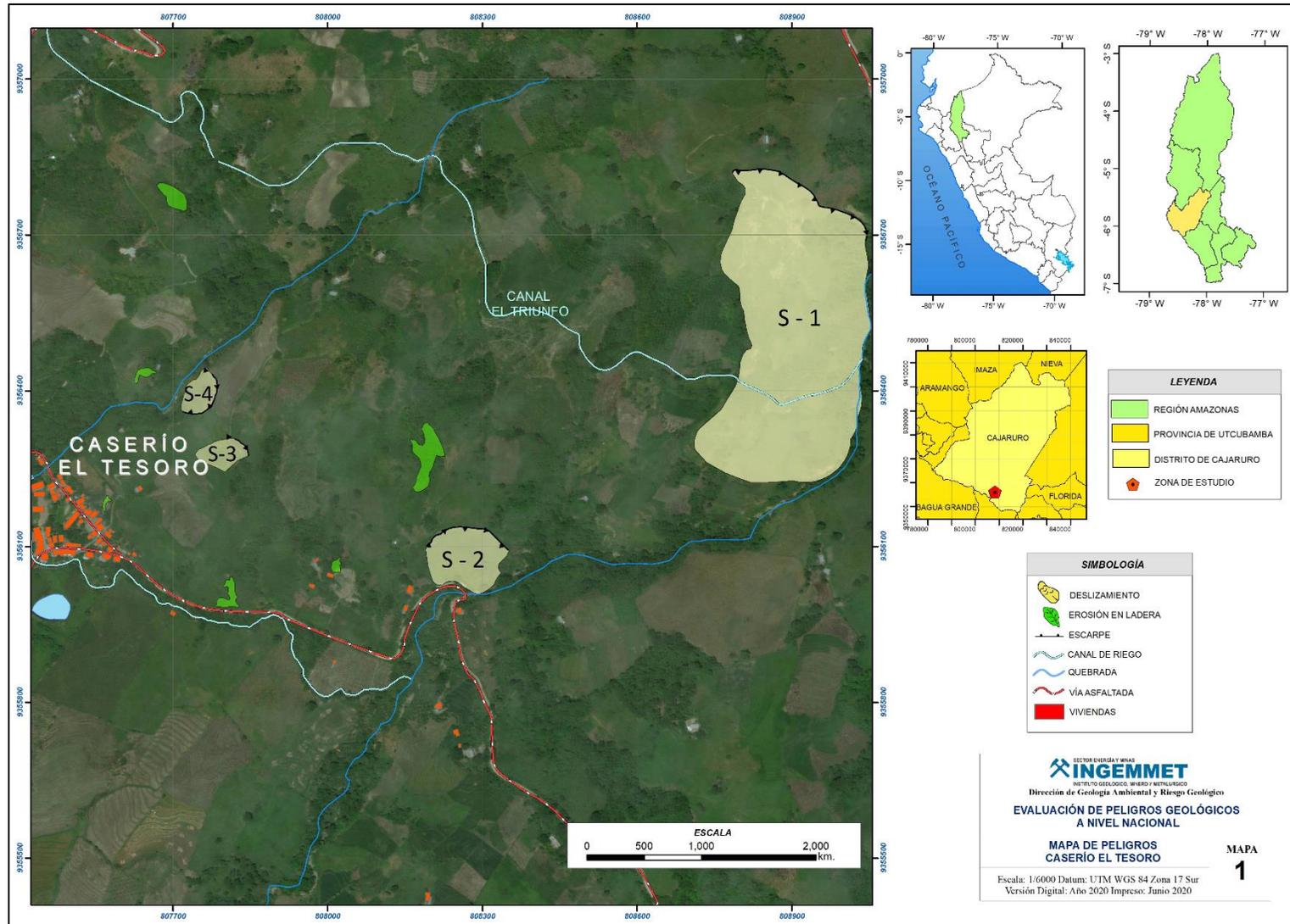


Figura 17. Mapa de peligros geológicos en el caserío El Tesoro.

6. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la zona de estudio, con la finalidad de minimizar la ocurrencia de deslizamientos; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

a. Para deslizamientos

Los deslizamientos ocurren esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento al pie de laderas, la utilización de canales sin revestir, etc. A continuación, se proponen algunas medidas para el manejo de estas zonas:

En los sectores afectados en el caserío El Tesoro:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos, cambiar los cultivos que demanden agua permanente como los cultivos de arroz identificados en la parte superior a los sectores afectados.
- Los canales deben ser revestidos (concreto, mampostería, terrocemento, entre otros) para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de riego de cultivo debe ser tecnificado por aspersión controlada o por goteo.
- El volteo de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- Construir zanjas de coronación en la corona o en la parte alta de un talud, las cuales son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. 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.
- Se debe tener en cuenta el mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación (figura 18), a fin de evitar problemas que pueden incidir en la estabilidad del talud.

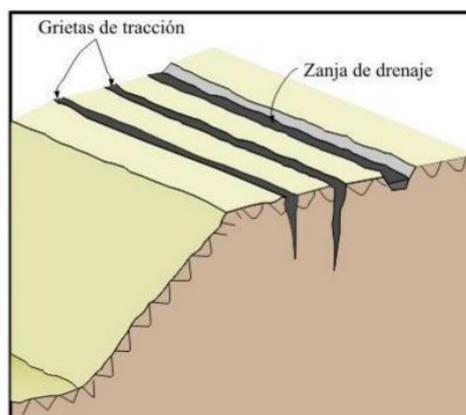


Figura 18: Canales de coronación.

- Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 19). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la infiltración del agua.



Figura 19 Sistema de drenaje tipo espina de pez.

En el cuerpo deslizado:

Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada preferentemente por especies nativas o prácticas de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos.

Uso de vegetación

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes es muy debatido; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo, la experiencia ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas subsuperficiales (J. Suárez Díaz, 1998). Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando. Entre los factores se sugiere analizar los siguientes:

- Volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.
- El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: En primer lugar, tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.
- Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Monitoreo permanente en la zona

Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas; además debe tenerse en cuenta el monitoreo en la parte posterior al deslizamiento, de presentarse agrietamientos, mantener alerta a la población y evaluar la reubicación de los pobladores.

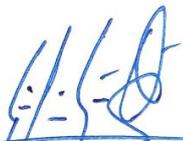
Nota: Los proyectos de mitigación a implementarse deben ser elaborados y supervisados por profesionales especialistas con experiencia en geotecnia y estabilidad de taludes.

CONCLUSIONES

- a. Los movimientos en masa identificados en el caserío El Tesoro corresponde a deslizamientos de tipo rotacional.
- b. Los deslizamientos presentan las siguientes características:
 - Sector 1: escarpe principal, longitud de 313 metros; salto vertical de 2.5 metros.
 - Sector 2: escarpe principal, longitud de 190 metros; salto vertical de 1.1 metros.
 - Sector 3: escarpe principal, longitud de 51 metros; salto vertical de 0.7 metros.
 - Sector 4: escarpe principal, longitud de 190 metros; salto vertical de 1.1 metros.
- c. El uso actual del territorio ubicado en la parte superior e inferior del caserío El Tesoro presenta cultivos de arroz, los cuales necesitan un riego permanente, esto satura el suelo, con la probabilidad de activar deslizamientos que podrían afectar las viviendas, vía carrozable y la integridad física de sus moradores.
- d. Los deslizamientos podrían reactivarse por acción antrópica, lluvias extraordinarias o un sismo.
- e. Por las características del evento, daños ocasionados (terrenos de cultivo), las condiciones de inestabilidad actual del terreno, se considera como una zona crítica por peligro geológico de tipo deslizamiento rotacional.

RECOMENDACIONES

- a. Evaluar la construcción de un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado, conduciendo las aguas colectadas fuera del área deslizada.
- b. Cambiar el cultivo de arroz por otros alternativos que permitan realizar prácticas de riego por goteo o aspersión.
- c. En el lado superior de los sectores, evaluar la construcción de zanjas de coronación evitando que el agua de escorrentía sature los terrenos y vuelvan a afectar los terrenos de cultivo.
- d. Los trabajos recomendados deben ser dirigidos y ejecutados por profesionales con conocimiento y experiencia en el tema.
- e. Implementar medidas correctivas en los taludes del perímetro de la zona más poblada del caserío El Tesoro, donde se están iniciando procesos de erosión de laderas.



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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Medina et. al. (2009), “Riesgo Geológico en la Región Amazonas”, Boletín N° 39 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica – INGEMMET, 205 p.

Medina y Dueñas (2007), “Informe Zonas críticas en la Región Amazonas”, INGEMMET, 69 p.

Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 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, N°. 4, 432 p.

Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., Landslides, analysis, and control. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.