

**Bioingeniería En La Inestabilidad Del Talud Presentada En El Sector Del  
Resguardo Inga De La Vereda El Líbano, Municipio De Mocoa, Departamento Del  
Putumayo**

**Andrea Burbano, Anderson Cruz**

Estudiante Tecnología en obras civiles

Estudiante Tecnología en obras civiles

andreaburbano964@gmail.com, cruzandersonf@gmail.com

**Resumen**

El presente artículo corresponde a la problemática de la inestabilidad del talud ubicado en el Piedemonte Amazónico, específicamente en el municipio de Mocoa Vereda el Líbano, donde uno de los objetivos fue evaluar la viabilidad de obras de bioingeniería para la estabilidad del talud bajo algunos aspectos como: reconocimiento de la zona afectada, la determinación de las causas que generaron el deslizamiento, el tipo de suelo y toda su geomorfología. Como resultado se ha podido observar diferentes técnicas de Bioingeniería que se han aplicado y utilizado en diferentes obras para la contención de los deslizamientos y para la protección de taludes que representan una amenaza para el equilibrio ambiental y así puedan garantizar un perfecto funcionamiento que proporcionen seguridad y eficiencia en la estabilidad del talud.

**Palabras clave:** Geomorfología, Talud, Deslizamientos, Amenaza, Bioingeniería

**Abstract:** This article corresponds to the problem of slope instability located in the Amazon foothills, specifically in the municipality of Mocoa Vereda, Lebanon, where one of the objectives was to assess the feasibility of bioengineering works for slope stability under some aspects such as: recognition of the affected area, determination of the causes that generated the landslide, the type of soil and all its geomorphology. As a result, it has been possible to observe different Bioengineering techniques that have been applied and used in different works for the containment of landslides and for the protection of slopes that represent a threat to the environmental balance and thus can guarantee a perfect operation that provides safety and slope stability efficiency.

**Keywords:** Geomorphology, Slope, Landslides, Threat, Bioengineering

## **Introducción**

Los deslizamientos de tierra en taludes son un fenómeno que afecta periódicamente a nuestro país, causando innumerables afectaciones sociales y económicas, y en algunos casos pérdidas de vidas humanas, de ahí la necesidad de buscar alternativas que permitan reducir los daños que esto producen. Existe una gran variedad de técnicas de mitigación ante los deslizamientos, cada una aplicada en función de la geometría y del tipo y condiciones de los materiales que conforman los taludes.

En el presente artículo aborda el deslizamiento de un talud en la vereda el Líbano de la ciudad de Mocoa, el cual presenta procesos de inestabilidad y por ende existen amenazas que pueden afectar a la comunidad y pone en riesgo la conducción del agua potable al casco urbano de la ciudad, y se considera de vital importancia enfocar un estudio hacia este sector, procediendo a evaluar diferentes técnicas de bioingeniería seleccionando las más viables y útiles, como por ejemplo el uso de vegetación, los trinchos de guadua, entre otros, que proporcionen una resistencia adecuada y segura, contribuyendo a controlar la erosión y la inestabilidad del talud. Por lo tanto, es indispensable el papel que cumple la bioingeniería en el campo de la geotecnia.

## **Métodos**

Para desarrollar el estudio “Evaluar diferentes técnicas de bioingeniería viables para la estabilidad del talud de la vereda el Líbano municipio de Mocoa departamento del Putumayo”, se encuentra enmarcada en un diseño de investigación cualitativa con enfoque descriptivo, que consiste en estudiar la realidad de un contexto natural y dando a conocer e identificar situaciones que existen entre dos o más variables.

Para lograr el primer objetivo el cual consiste en: Determinar las causas que generaron el deslizamiento del talud.

Se debe inspeccionar el lugar llevando a cabo un sobrevuelo del área con ayuda de un Drone, una vez reconocido y enmarcada el área afectada, proceder con un recorrido sobre el cuerpo del movimiento en masa tipo deslizamiento, donde se podrá observar detalladamente la zona. Posteriormente, medir la parte baja y la parte alta del deslizamiento con ayuda de un decámetro y por ultimo identificar el tipo de suelo que constituye.

La ocurrencia de deslizamientos es el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas y geomorfológicas y la modificación de estas por procesos geodinámicas, vegetación, uso de la tierra y actividades humanas, así como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y la sismicidad (Suárez, 2015, pág. 4).

### **Geología**

En el municipio de Mocoa afloran rocas del Jurásico que corresponde a un cuerpo intrusivo conocido como Batolito de Mocoa o Monzogranito de Mocoa. Esta región tectónica está controlada por la continuación sur del sistema de fallas del borde llanero, la falla de Mocoa es una estructura importante en la cuenca sedimentaria petrolífera del

Putumayo, debido a que marca el límite entre esta y la cordillera Andina, la cual pone en contacto rocas ígneas y volcánicas. Los depósitos aluviales están ubicados sobre pendientes suaves, principalmente en las áreas de los ríos Mocoa y algunas de sus quebradas afluentes. Estos depósitos contienen materiales heterométricos, donde predominan las gravas y arenas.

### **Geomorfología de laderas**

La geomorfología de las microcuencas de los ríos Mocoa, Mulato, Sangoyaco y quebrada Taruca presentan pendientes superiores al 75% y se caracteriza por la inestabilidad, debido a la alta meteorización que tienen las rocas y fracturamiento que presentan por la presencia de fallas geológicas lo que ha dado como resultado fuertes plegamientos y degradación (NGRD, 2017, pág. 11).

En algunas zonas se detectan procesos de inestabilidad, todos de carácter superficial, áreas que, según los resultados del estudio, fueron clasificadas como amenaza media y alta por este tipo de movimiento en masa (SGC, 2018, pág. 17).

### **Zona de amenaza alta**

Corresponde a laderas con presencia de movimientos en masa activos de poca profundidad y con alta potencialidad de ocurrencia, principalmente ante el aumento progresivo de agua en el subsuelo en temporadas de lluvia y ante la ocurrencia de sismos que generen aceleraciones horizontales en superficie superiores a 0,24g. Las áreas en esta categoría de amenaza ocupan aproximadamente 55 Ha, correspondientes a cerca del 5% del total del área de estudio modelada y se encuentran principalmente en el flanco oriental del cerro La Reserva en las zonas de alta pendiente de la vereda el Líbano.

### **Zona de amenaza media**

Corresponde a áreas con baja presencia de movimientos en masa activos, los cuales son de poca profundidad y con moderada a baja potencialidad de ocurrencia principalmente ante el aumento progresivo de agua en el subsuelo en temporadas de lluvias y ante la ocurrencia de sismos que generan aceleraciones horizontales en superficie superiores a 0,24g. Las áreas en esta categoría de amenaza ocupan aproximadamente 144 Ha, correspondiente a cerca del 12% del total del área de estudio modelada y se encuentran principalmente hacia las partes media e inferior de las laderas del cerro La Reserva en las zonas de lata pendiente de la Vereda el Líbano.

Además de tener en cuenta el análisis que realiza el Servicio Geológico Colombiano, sobre la amenaza por movimientos en masa y en el cual se encuentra enmarcada la zona objeto de este concepto, es necesario saber que los procesos erosivos están asociados con eventos de lluvia de gran intensidad alta separabilidad de las partículas del suelo superficial y reducción en la infiltración por la degradación de la estructura del suelo (SGC, 2018, pág. 185).

La geomorfología está caracterizada por zonas de alta montaña con fuertes pendientes y valles de inundación, este conjunto de factores hace al municipio susceptibles a movimientos de remoción en masa, inundaciones y crecientes de ríos.

Para lograr el segundo objetivo el cual consiste: Determinar las principales obras de ingeniería para aplicar sobre la zona afectada.

Realizar una revisión documental de diferentes estudios de aplicación de ingeniería, que se han utilizado en proyectos con características similares como la inestabilidad del talud presentada en la vereda el Líbano.

Para lograr el tercer objetivo el cual consiste en: Evaluar la viabilidad de obras de bioingeniería para la estabilidad del talud.

Una vez indagado o recopilado la información de acuerdo a los diferentes estudios de aplicación de bioingeniería, se evaluará estas obras seleccionadas con el fin de verificar su viabilidad y efectividad para la zona afectada. Es necesario realizar el refuerzo de la base del talud, así como del pie del deslizamiento, para ello se deben crear estructuras que den confinamiento al material que compone esta formación, para ello se puede usar muros tanto en concreto o gaviones, pero al ser una zona boscosa con alta presencia de fauna y flora se recomienda construir obras que armonicen más con el bioma de esta región. Por lo tanto, se hace necesario la implementación de obras de bioingeniería como los trinchos, y una red de zanjas tanto de coronación como de conducción de las aguas procedentes de la lluvia donde pueden ayudar a mejorar la estabilidad del terreno en la zona posterior de la vereda el Líbano. Después de la creación de estos trinchos, se procedería a su llenado y posterior a ello a la siembra de especies arbóreas de raíz profunda y tronco y copa bajos, que ayuden a la cohesión de las partículas del suelo sin aportar mayor peso, creando así, terrazas que diversifican la línea del perfil del talud ayudando a crear escalas que funcionen como soporte y sean más estables ayudando a diferir los vectores de las cargas, además se puede proponer una poda a ciertos arboles de gran tamaño que existan en el lugar, para que de esta forma aligerar el peso que soporta el terreno, esto sería precedido de un diagnóstico y concepto por parte de un ingeniero forestal o a fin; para la implementación de estas acciones, se puede aprovechar parte de la materia vegetal colapsada durante el deslizamiento, así como la identificación de otras especies de árboles que puedan ser podados o talados y aprovechar su madera para estas obras, previo concepto de un ingeniero forestal y/o ambiental.

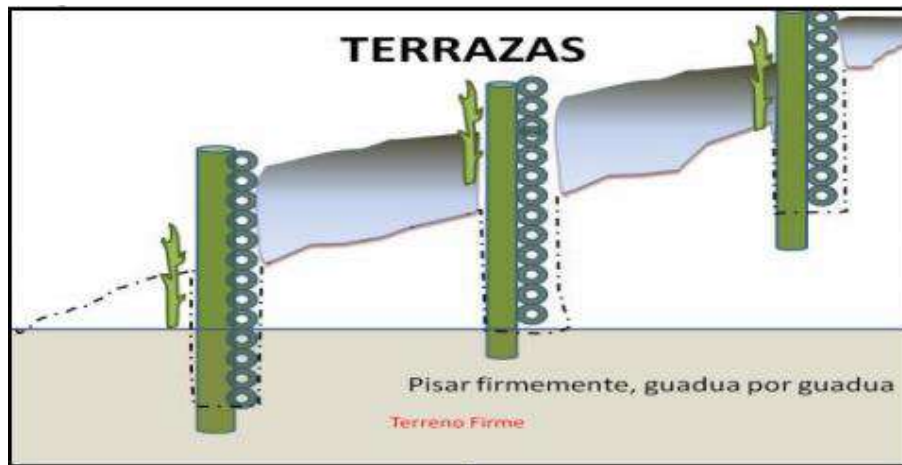


Figura 1. Terrazas. Fuente (CAR, 2010, pág. 33)

## Marco teórico

Debido a que Colombia presenta diversidad de relieves y diferentes características hidrográficas, geográficas y climáticas muy complejas, se encuentra propenso a diferentes eventos como deslizamientos, tempestades, inundaciones, entre otros, que pueden llegar a generar desastres significantes.

Las técnicas de mitigación de deslizamientos en taludes se suelen agrupar de acuerdo a diferentes criterios, tales como la función que realizan, su método de ejecución, etc., pero a la vez una técnica podría desempeñar más de una sola función (Alberti Arroyo , Canales Bernal, & Sandoval, 2006, pág. 104).

En el estudio de la estabilidad de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. Los agentes externos responsables de la inestabilidad son una fuerza de masa, el peso y, eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (estáticas/ dinámicas) (Valiente Saenz, Sobrecases Marti, & Diaz Orrego, 2016, pág. 1).

La forma de clasificar los distintos movimientos de masas de tierra depende si se trata de suelos o rocas. Por otra parte, en estas clasificaciones se considera el mecanismo y tipo de rotura, conjuntamente con otros aspectos, tales como el contenido de agua en el terreno, la velocidad y magnitud del movimiento, entre otros. Otros movimientos del terreno corresponden a los flujos, los cuales tienen la apariencia de un líquido viscoso y que pueden ser de carácter seco o húmedo. La diferencia entre ambos radica en la cantidad de agua presente en la masa de suelo, la clara definición de la superficie de rotura, el tipo de suelo y el factor desencadenante. Los flujos pueden ser consecuencia de deslizamientos o ser

inducidos por desprendimientos. Junto con los deslizamientos son los movimientos de masas más extendidos, al afectar a muy diversos tipos de materiales.

Finalmente, se encuentran los desprendimientos de materiales, que corresponden a caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas desintegradas o descompuestas. Su superficie de rotura es en forma de cuña y bloques formados por diversas familias de discontinuidades. Dentro de los factores desencadenantes se encuentran: la erosión y pérdida de apoyo de los bloques previamente sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas, y los movimientos sísmicos, entre otros (SANHUEZA PLAZA & RODRIGUEZ CIFUENTES, 2013).

Existen diferentes tipos de rotura en laderas y taludes donde es necesario identificar y caracterizar los distintos tipos de comportamiento y clasificarlos adecuadamente. La rotura suele producirse por deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura, proporcionando a la masa despegada una velocidad inicial (Corominas & de Caminos, 2004, pág. 4).

Skempton y Hutchinson definen que los deslizamientos se deben principalmente a fuerzas gravitacionales combinadas en ocasiones con la actividad sísmica y que la respuesta del talud a esas fuerzas depende de la geología, la hidrología, la topografía, el clima y la meteorización (Arias, 2012, pág. 27).

(Murillo & Ortuño, 2010) en su artículo “estabilización de taludes mediante pilotes” describe un acercamiento metodológico a este tipo de actuaciones y se muestran algunos casos resueltos mediante este sistema.

(Garnica Angua, Gomez Lopez, Flores , Perez salazar, & Lopez Bazan, 2002) a través de su trabajo “Estabilidad de taludes aplicación a la estabilidad de escolleras den puertos

mexicanos” (p. 25) desarrollaron las metodologías actuales para el análisis de taludes de obras portuarias, que están sujetos a fuerzas gravitacionales, hidráulicas y de sismo. (Coppin, 2009) en su trabajo “Estabilidad de Taludes” (p. 2) trata sobre los diversos métodos para estabilizar un talud, establecen medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo.



Figura 2. Deslizamiento en Lima Perú. Fuente (Coppin, 2009, pág. 5)

(Li, Rendón, & Espinoza , 2010) a través de su trabajo “Consideración de fuerzas de filtración en el análisis de estabilidad de taludes granulares” (p. 11) formulan el análisis de inestabilidad inducida por la filtración, usando la teoría de consolidación, considerando el comportamiento elastoplástico y poroso de los materiales saturados.

(Pineda, 1997), a través de su trabajo “Alternativas para estabilización de taludes” (p. 22), desarrollo propuesta que integra la mitigación y estabilización de talud conforme a las técnicas más utilizadas.

(Alva Hurtado, 2011) a través de su trabajo “Análisis de estabilidad de taludes” (p. 3) indica las características y aspectos críticos de varios tipos de problemas de estabilidad de

taludes, procedimientos de investigación y diseño de taludes, análisis detallado y métodos de estabilización de taludes.

(López, 2006), a través de su trabajo “Estabilización de talud de la costa Verde en la zona del distrito de Barranco”, (p. 7), desarrollo el estudio sobre la estabilización por cuenta de los desprendimientos de partículas de grava, realizando un análisis que estime el comportamiento del talud proponiendo soluciones en estabilización de talud.

(L. Ortuño, 2010), usa técnicas disponibles en ingeniería geotecnia para estabilización de laderas y taludes inestables y muestra ejemplos que tratan en su mayor parte de inestabilidades surgidas por la construcción sobre laderas formadas por arcillas rígidas de alta plasticidad y un comportamiento resistente frágil.

(Melentijevic, 2005) en su trabajo “Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura” (p. 29), para su aplicación en los análisis de estabilidad de taludes, pone en evidencia la gran importancia del fenómeno de la dilatancia y la necesidad de incorporación en los criterios de rotura.

(Amaya, 2010) A través de su trabajo “Manejo de inestabilidad de taludes en la vía que comunica las poblaciones de Samoré (norte de Santander)”, relacionan los aspectos más relevantes del talud, la descripción del mecanismo de falla y las medidas que se adoptaron para su estabilización

En el año 2017, en Manizales se presentó un fuerte aguacero que cayó en la madrugada el día 19 de abril ocasionando deslizamientos donde sepulto varios barrios y calles, dejando a varias familias damnificadas (Semana, Manizales otra tragedia anunciada, 2017, pág. 1).



Figura 3. Deslizamiento de tierra en Manizales. Fuente: (Semana, Manizales otra tragedia anunciada, 2017)

En enero de 2018 la vía que conduce a la ciudad de Villavicencio se vio interrumpida por cuenta del desplome de tierra por motivo de la intensidad de lluvia que aceleró el desprendimiento de la montaña que bloqueó esta importante vía, donde generó un impacto económico muy fuerte para los productores y turistas (Semana, 2019, pág. 1).

El servicio Geológico Colombiano (SGC) del ministerio de Minas y Energía advierte que las condiciones naturales del terreno (de Mocoa) tienen la propensión a que se generen movimientos en masa, los cuales, al ocurrir durante eventos de lluvia intensas, como las que se presentaron a finales del mes de marzo pasado, pueden generar represamientos de cursos de agua y posteriores flujos de agua con capacidad destructiva (Espectador, 2017).

El 31 de marzo de 2017 se presentó en Mocoa crecientes súbitas y desbordamientos de los ríos Mocoa, Sangoyaco, Mulato y de las quebradas Taruca, Taruquita y varios deslizamientos en la parte alta de la ciudad, provocando una avalancha donde arrasó 17 barrios, dejando pérdidas humanas y varias familias damnificadas (Gomez & Vasquez, 2018, pág. 7).

### **Marco conceptual**

Para la evaluación del deslizamiento del talud en el sector de la vereda el Líbano en la ciudad de Mocoa que es el tema central de esta investigación, se hace necesario tener fundamentación teórica sobre la problemática que se trata, es por eso que se desarrolla un recuento de los conceptos, teoría y términos que fueron utilizados a lo largo del estudio.

- **Geomorfología:** Estudio de las formas del relieve terrestre; estudio de las formas de la superficie de la tierra y su desarrollo geomorfológico. (Newell, 1982, pág. 1)
- **Talud:** Los taludes son superficies terrestres o porciones de tierra que tienen un grado de inclinación con respecto a la horizontal del globo terráqueo, es decir la superficie inclinada con respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra (Ramirez & Sanchez, 2014, pág. 2).
- **Geotecnia:** Se encarga de estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la tierra (SGM, 2017, pág. 1).
- **Arcillolita:** Son rocas detríticas que se originan desde partículas que mantienen su integridad física durante el transporte, los carbonatos, las evaporitas, las ferruginosas y los fosfatos son de origen físico-químico, formadas por la precipitación de sustancias (Vallejo, 2014, pág. 3).
- **Llanuras Aluviales:** Son el tipo de relieve o vegas capaz de inundarse cuando se produce una creciente en las aguas de un río (Espinosa, 2019, pág. 1).
- **Deslizamientos:** Consisten en un descenso masivo y relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico de materiales a lo largo de una pendiente, son tipos de movimientos de laderas que engloba en general a los movimientos gravitacionales de material que ocurren en laderas o taludes (Rosas, 1987, pág. 18).

- **Amenaza:** Factor externo de riesgo que puede ser de origen natural o generado por la actividad del hombre, el cual se manifiesta en un lugar específico, con intensidad y duración determinada (Ramirez & Sanchez, 2014, pág. 3).
- **Erosión:** Es un proceso de degradación del suelo producto de agentes atmosféricos, tales como la lluvia, la temperatura, el viento, dependientes de las propiedades fisicoquímicas del suelo y la cobertura vegetal (Ramirez & Sanchez, 2014, pág. 3).
- **Bioingeniería:** Estudia las propiedades técnicas y biológicas de las plantas vivas y su utilización como elementos de construcción en las obras de recuperación del entorno ambiental, de manera aislada o en combinación con materiales inertes como la piedra, la madera y el acero.
- **Técnica:** Protección contra los agentes erosivos y ayuda a la estabilización de taludes frente a los fenómenos de remoción en masa.
- **Ecológica:** Reconstrucción de ambientes mediante la utilización de técnicas de restauración del paisaje, con especies autóctonas que aceleren la recuperación del ecosistema original de la zona.
- **Socioeconómica:** Mejora de la gestión económica de los recursos naturales, con una disminución de los costos constructivos, energéticos y de mantenimiento (Serrano Gomez, 2016, pág. 5).

### **Marco Contextual**

La región sur amazónica colombiana, geológicamente se caracteriza por estar conformada por diferentes tipos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que varían en edad desde el Precámbrico hasta el presente. Entre las rocas ígneas se presentan dos cinturones: uno al oriente, de edad Precámbrica, representado por los Granófiros de

Tijereto; y el segundo, al occidente, representado por el Batolito de Mocoa, de edad Jura triásica. Así mismo, se presentan algunos pórfidos andesíticos y dacíticos en la Cordillera Centro-Oriental.

Las Rocas metamórficas, de edad Precámbrica, corresponden a las unidades denominadas como Escudo Guyanés y Macizo de Garzón. El primero constituido por el Complejo Migmatítico de Mitú, a su vez afectado por diferentes episodios magmáticos, volcánicos y sedimentarios, que dieron lugar a formaciones como La Pedrera, Roraima y Piraparaná, presentando sus mayores afloramientos al oriente de Araracuara, en las cuencas de los ríos Caquetá y Apaporis. El segundo, afectado por eventos magmáticos, está conformado por rocas metamórficas localizadas en la parte occidental de la región, asociadas al núcleo de las Cordilleras Oriental y Centro Oriental.

Rocas sedimentarias continentales: a esta categoría corresponden las Formaciones Caballos (Cretácico), Rumiayaco y Pepino (Terciario) y el Terciario Superior Amazónico. Las tres primeras formaciones afloran en una delgada franja en diversos sectores del piedemonte y son las rocas almacenadoras de petróleo por excelencia en la región. Entre tanto la cuarta unidad es la de mayor extensión y cubre amplios sectores de los tres departamentos y conjuntamente con las Formaciones Pebas, Ospina y San Miguel conforman la llanura Amazónica (Rivera, 1991, pág. 1).

El municipio de Mocoa está ubicado en la parte norte del departamento del Putumayo, donde fisiográficamente comprende una variada gama de geo formas que van desde laderas de cordillera hasta planicies ligeramente onduladas. De su área total, 1,263 km<sup>2</sup>, la mayor extensión comprende zonas de montaña correspondientes a laderas altas de cordillera cuyas características geomorfológicas son pendientes mayores al 75% y suelos superficiales. Posteriormente se identifican zonas de laderas bajas de cordillera correspondientes a

superficies de transición entre las zonas de alta montaña y la región de Piedemonte, estas zonas estarían ubicadas en los nacimientos de los ríos Pepino, Rumiyo, Mulato, Campucana, la parte media de la subcuenca del río Mocoa y la parte alta de la Serranía de Churumbelo.

Esta investigación se realizará en la vereda el Líbano localizada al noroeste de la cabecera Municipal de Mocoa departamento del Putumayo con coordenadas,  $1^{\circ}8'43,607''N$  –  $76^{\circ}40'22,48''W$  (ORDOÑEZ, 2020, pág. 1).



Figura 4. Vista aérea del deslizamiento Vereda El Líbano. Fuente: (Chindoy , Rodriguez, Zambrano , Rosero, & Davila, 2020, pág. 10)

### Marco Legal

La Ley 99 de 1993 Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos. Los principios que se destacan y que están relacionados con las actividades portuarias son: La definición de los fundamentos de la política ambiental, la estructura del

SINA en cabeza del Ministerio del Medio Ambiente, los procedimientos de licenciamiento ambiental como requisito para la ejecución de proyectos o actividades que puedan causar daño al ambiente y los mecanismos de participación ciudadana en todas las etapas de desarrollo de este tipo de proyectos (MIN, 2017, pág. 1).

Ley 1523 - 24 de abril del 2012. Por el cual se adoptó la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Distrital, 2012, pág. 1).

Art. 80 que: " El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en zonas fronterizas ". Lo anterior implica asegurar que la satisfacción de las necesidades actuales se realice de una manera tal que no comprometa la capacidad y el derecho de las futuras generaciones para satisfacer las propias (Asamblea, 1991, pág. 1).

Decreto 2150 de 1995 y sus normas reglamentarias. Reglamenta la licencia ambiental y otros permisos. Define los casos en que se debe presentar Diagnóstico Ambiental de Alternativas, Plan de Manejo Ambiental y Estudio de Impacto Ambiental. Suprime la licencia ambiental ordinaria.

## Resultados y discusión

- En la vereda de el Líbano existe una formación montañosa compuesta de arcillolitas meteorizadas, muy propensas a generar movimientos en masa, tipo flujo de tierra y traslaciones en zonas de mayor pendiente. Durante la temporada de lluvias que va desde marzo a agosto de cada año, son frecuentes los deslizamientos en las diferentes zonas de la ciudad de Mocoa, incluso sin importar el tipo de cobertura vegetal que presenten (aun en casos de vegetación primaria), afectando de esta forma a viviendas, cultivos, fuentes hídricas o zonas boscosas entre otras, obligando a las administraciones públicas y a las personas en general, tomar medidas preventivas y correctivas para la prevención y solución de estas situaciones. De este modo, se realiza sobrevuelo mediante el uso de un Drone DJI Mavic Pro, con él se capturan varias imágenes que sirven para tener una mejor percepción de la zona y la forma del deslizamiento. Una vez reconocida y enmarcada el área afecta se procede a realizar el recorrido sobre el cuerpo del movimiento en masa tipo deslizamiento, donde se logra observar una ladera con una pendiente alta, abundante vegetación y material inconsolidado. El material que constituye el deslizamiento es de origen sedimentario, se logra observar depósitos de conglomerado limo arcillosa de color rojizo, en la mayor parte del deslizamiento se observa estos materiales inconsolidados, con una humedad que varía de media a alta y se no se observó saturación de agua sobre los materiales.



“Figura 5. Recorrido sobre el cuerpo del deslizamiento. Fuente Propia: abril 2020”

- Se determina implementar obras de contención y/o confinamiento del talud como gaviones o muros en concreto o concreto reforzado, sin embargo, se debe tener en cuenta que los costos de los materiales para realizar estas obras son mayores, ya que necesitan de estudios complementarios como ambientales, geológicos, estructurales, incluso hidráulicos; además es una zona que presenta dificultad para el acceso de estos materiales.
- Se propone la bioingeniería como alternativa de solución a la inestabilidad del talud, ofreciendo estructuras de soporte con materiales propios de la zona, se recomienda la implementación de trinchos para la creación de terrazas, la creación de zanjas para coronación y otras para la conducción de las aguas superficiales, hasta conducir las a un cuerpo de agua existente que pasa muy cerca de la base del talud, también se debe evaluar los árboles de gran tamaño y diseñar una poda de ellos, para así, reducir su peso y en caso de ser necesario aplicar la tala como último recurso. En las terrazas creadas a partir de los trinchos, es recomendable sembrar

árboles de especies que posean raíces profundas o pivotantes y troncos cortos tipo guamos (*Inga densiflora*) o de pastos VETIVER, ayudando a la cohesión de las partículas del suelo y mejorando su resistencia al colapso. De esta forma, se garantiza una obra funcional que armonice con el entorno, el cual hay gran presencia de flora y fauna en este sector.

## Referencias Bibliográficas

### Referencias

- Alberti Arroyo , J. R., Canales Bernal, R., & Sandoval, B. (2006). Tecnicas de mitigacion para el control de desizamientos en taludes y su aplicacion a un caso especifico.
- Alva Hurtado, J. E. (2011). Analisis de estabilidad de taludes.
- Amaya, R. G. (2010). Manejo de inestabilidad de taludes en la via que comunica las poblaciones de Samore y Cubara.
- Arias, B. (2012). Deslizamientos en taludes inducidos por altas precipitaciones.
- Asamblea, N. d. (1991). Titulo 2 de los derechos, las garantias y los deberes-Articulo 80.
- CAR. (2010). Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de. 33.
- Chindoy , A., Rodriguez, S., Zambrano , O., Rosero, D., & Davila, M. (2020). INFORME TECNICO VISITA DE CAMPO SITIOS DRITICOS MUNICIPIO DE MOCOCHA. 37.
- Coppin, R. (2009). Estabilidad de taludes.
- Corominas, J., & de Caminos, I. (2004). Tipos de rotura en laderas y taludes.
- Distrital, S. J. (2012). Ley 1523 24 de abril del 2012.
- Espectador, E. (2017). Mocoa se encuentra en zona de amenaza de alto riesgo.
- Espinosa, R. (2019). Llanuras aluviales: (características, fauna flora y temperatura).
- Garnica Angua, P., Gomez Lopez, J., Flores , F., Perez salazar, A., & Lopez Bazan, J. (2002). Estabilidad de taludes sumergidos. aplicacion a la estabilidad de escolleras en puertos mexicanos.
- Gomez, M., & Vasquez, J. (2018). Avenida Torrencial de Mocoa Putumayo. pag. 47.
- L. Ortuño, T. M. (2010). ESTABILIZACION DE TALUDES.

- Li, X., Rendón, I. E., & Espinoza, M. J. (2010). Consideracion de fuerzas de filtracion en el analisis de estabilidad de taludes.
- López, G. (2006). ESTABILIZACION DEL TALUD DE LA COSTA EN LA ZONA DEL DISTRITO DE BARRANCO.
- Melentijevic, S. (2005). Estabilidad de taludes en macisos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada.
- MIN. (2017). Ley 99 de 1993.
- Murillo, T., & Ortuño, L. (2010). Estabilizacion de taludes mediante pilotes-Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica 2010.
- Newell, A. (1982). Apuntes geologia General, ambiente sedimentario.
- NGRD. (2017). Sistema de informacion Hidrometereologica.
- ORDOÑEZ, A. S. (2020). CONCEPTO TECNICO CORPOAMAZONIA.
- Pineda, L. (1997). ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE TALUDES.
- Ramirez, M., & Sanchez, E. (2014). Manejo del riesgo que generan los taludes de la quebrada la Seca, del municipio de envigado.
- Rivera, A. (1991). Geologia
- Rosas, R. (1987). INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO ESPAÑA.
- SANHUEZA PLAZA, C., & RODRIGUEZ CIFUENTES, L. (2013). Analisis comparativo de metodos de calculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales.
- Semana. (2017). Manizales otra tragedia anunciada.
- Semana. (2019). Implicaciones de un cierre indefinido. *Semana*.
- Serrano Gomez, J. A. (2016). MANUAL DE OBRAS DE BIOINGENIERIA EN ZONAS DE LADERAS CON PROCESOS DE REMOCION EN MASA.

- SGC. (2018). Evaluación de la amenaza por movimientos en masa en el área urbana, periurbana y de expansión del municipio de Mocoa-Putumayo. 229.
- SGM. (2017). Aplicaciones de la geología.
- Suárez, J. (2015). Susceptibilidad de amenaza y riesgo.
- Valiente Saenz, R., Sobrecases Marti, S., & Diaz Orrego, A. (2016). Estabilidad de Taludes: conceptos Basicos, parámetros de diseño y Metodos de Calculo. 5.
- Vallejo, J. (2014). Manual de Geología Universidad Nacional De Colombia sede Manizales.