

# DESARROLLO SOSTENIBLE EN TALUDES Y MUROS DE CARGA APLICANDO BIOINGENIERÍA

Laura Ladino<sup>a</sup>, Yesica Salcedo<sup>b</sup>, Juan Pérez<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería Civil, Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Laura.ladino@usantoto.edu.co

<sup>b</sup> Facultad de Ingeniería Civil, Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja Yesica.salcedo@usantoto.edu.co

<sup>c</sup> Facultad de Ingeniería Civil, Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja juan.perez@usantoto.edu.co

**Resumen**—En la actualidad, la bioingeniería es la mejor alternativa para la construcción y producción de infraestructura sostenible. Además, el manejo del medioambiente es un argumento que hoy en día se debe establecer en cualquier tipo de proyecto, por ende, el presente documento tiene como objetivo la revisión bibliográfica de repositorios, artículos de revistas e investigaciones con respecto a la implementación de productos bio-amigables que impulsan al desarrollo sostenible en obras civil. De esta manera se presentan soluciones que eviten el deterioro socioambiental a partir de materias primas como la fibra de fique y cáñamo de cannabis. El uso de estos materiales tiene un impacto positivo, debido a que reducen costos de producción, aportan al cuidado del medio ambiente y contribuyen al desarrollo sostenible. Se enfocó en la búsqueda bibliográfica en bases de datos y repositorios de universidades tales como Google Scholar, Ebooks, ScienceDirect, elibro, Scopus y SpringerOpen; incluyendo normativas que rijan el cumplimiento de los procesos y calidad de los mismos, así como el INVIAS y la NSR-10. Finalmente se concluye que las fibras de fique y el cannabis implementadas a diseños estructurales y análisis ingenieriles son una alternativa viable para incorporar en diversos proyectos como geomantos en el recubrimiento de taludes y bloques de concreto en diversas edificaciones, pues no presentan afectaciones e incluso contribuyen a mejorar las características de la obra.

**Palabras clave**—bioingeniería, geomantos, revegetación, bloques, concreto y cannabis.

**Abstract**— Currently, bioengineering is the best alternative for the construction and production of sustainable infrastructure. In

addition, environmental management is an argument that today must be established in any type of project. Finally, this document aims to review the bibliography of repositories, journal articles, and research related to the implementation of bioproducts. -Friendly that promote sustainable development in civil works. In this way, solutions are presented that prevent socio-environmental deterioration from raw materials such as fique fiber and cannabis hemp. The use of these materials has a positive impact, because it reduces production costs, contributes to caring for the environment and contributes to sustainable development. It focused on the bibliographic search in databases and university repositories such as Google Scholar, Ebooks, ScienceDirect, elibro, Scopus and SpringerOpen; including the standards that govern compliance with the processes and their quality, as well as the INVIAS and the NSR-10. Finally, it is concluded that fique and cannabis fibers implemented in structural designs and engineering analysis are a viable alternative to incorporate in various projects such as geomats in the lining of slopes and concrete blocks in various buildings, since they do not present affectations and even contribute to improve the characteristics of the work.

**Keywords**— bioengineering, geomats, revegetation, blocks, concrete and cannabis.

## I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil se ocupa de la construcción, operación y control de fallas estructurales y naturales de la infraestructura, con el fin garantizar el bienestar y comodidad a la población enfocándose en mantener un desarrollo socio-económico vanguardista y sostenible. El manejo ambiental es un tema

complejo debido a que se necesitan métodos y diseños que contribuyan a la reducción de impactos negativos usando técnicas basadas en la bioingeniería y conciencia ecológica (Huertas, et al., 2021), teniendo en cuenta las revisiones bibliográficas enfocadas en dar solución al problema de investigación, el cual es usar materiales y artículos naturales tales como el fique en la estabilización de taludes y para mampostería el cannabis (León Peláez, 2001).

Actualmente Colombia presenta una problemática económica y deterioro ambiental en las obras civiles por su alto costo y a la vez es una de las áreas que más contamina, es así como se busca la reducción de sobrecostos en proyectos y optimización de la materia prima a partir de estrategias (Torres, 2017), que implementen fibras vegetales por medio de métodos de hidrosiembra con el uso de productos fáciles y rápidos de cultivar como el cannabis (*Producción de marihuana por planta - RQS Blog*, 2023.) a partir de biotecnología que pueda contribuir a la economía de la región, por lo tanto se involucro en el proyecto a la fundación Kokopelli ubicada en la zona rural del municipio de Boyacá- Boyacá, encarda de crear artículos artesanales de muy buena calidad pero con un bajo crecimiento y desarrollo económico, es así como se pretende la continuación de dicha investigación en el semillero ECO- Roads, para presentar a los emprendedores una alternativa de progreso industrial que además contribuya al mejoramiento estructural y sustentable para la comunidad.

El semillero de investigación ECO-Roads se enfocó en el desarrollo sostenible de la infraestructura vial, con el objetivo de identificar los métodos y estrategias factibles para la estabilidad de taludes y generación de materias primas a partir de las necesidades de cada proyecto, a su vez se evidenciaron los riesgos que se podrían generar, con base en el análisis de distintos autores que se encontraron, además es importante destacar que para el estudio de bioingeniería se tuvo en cuenta un marco legal dentro de la normatividad colombiana, como dicta el *INVIAS (Artículo 850, 2022)*

## II. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.

La implementación de propuestas amigables con el medio ambiente para la construcción de obras presenta una afinidad con la responsabilidad social, el cual es uno de los objetivos del semillero de investigación ECO-Roads con las comunidades del departamento de Boyacá, por esta razón se enfatiza en la ejecución de ideas a partir de la fibra de fique y el bagazo de cannabis, con el fin de adaptar nuevas metodologías en las obras civiles, generar un desarrollo socio-económico y reducir los daños medioambientales.

Según (Castillo & Sánchez, 2014.) quienes prestaron asistencia profesional a los artesanos del departamento de Boyacá, aportando técnicas, nuevos diseños, métodos de valoración, aumento de calidad y efectividad, para así, llevar a cabo un proceso productivo, implementando ecodiseños resultado de la participación en reuniones, visitas y talleres, que luego fueron

clasificados para detectar defectos y necesidades de los emprendedores, con el fin de corregir e impulsar a los trabajadores y ellos pongan en práctica los diferentes temas tratados a los que más se adapten.

Los procesos constructivos que se llevan a cabo durante el desarrollo de infraestructura tanto en el área estructural como en la vial, tienen el objetivo de satisfacer a la población, sin embargo, presenta un impacto negativo a causa de los materiales pétreos con aditivos, que a su vez generan contaminación visual, auditiva y medioambiental. Es por esto que la ingeniería civil del siglo XXI tiene la responsabilidad primaria en mitigar este proceso, en la estabilidad de taludes a partir de geomantos e hidrosiembra (Arauzo\_ZJA-Tumialan\_PI-,2022.) y producción de bloques estructurales con el bagazo de cannabis (Tituano et al.,2022.), ejecutando obras que permiten solucionar la problemática, y que a su vez beneficien el entorno ambiental, disminuyendo las afectaciones de las obras civiles para asegurar un futuro para las nuevas generaciones.

Algunas propuestas según (Riveros, 2004) incluyen la construcción de una edificación residencial que consiste en una malla hexagonal adherida al talud, con anclajes de tipo metálico. La estructura contiene tierra nutritiva, para que la plantación de flora seleccionada se adapte correctamente. Las especies empleadas son plantas gramíneas para la cobertura de esquejes rectangulares anclados con estructuras metálicas para estabilizar el suelo.

Como propuesta adicional se presenta la revegetación con plantas nativas, con el fin de aumentar el cubrimiento, y de favorecer la consolidación que registra velocidades elevadas, esto se hace con el objetivo de recubrir el talud con un amplio manto de ramas las cuales se adaptan con facilidad al suelo, y posterior a esto llevar a cabo la construcción de la escollera, asegurando el recubrimiento sin necesidad de intervenciones (Muñoz, 2016).

La implementación de geomantos con el objetivo de minimizar el daño ambiental en la geotecnia, son aplicados especialmente a los taludes, evitando el uso de mallas en polietileno y metálicas; a partir de mantos formados por materiales como: fique, cannabis, coco, yunque, paja y esparto, con esto se logra disminuir la tala de la vegetación, impedir la erosión del talud y a su vez la evaporación del agua (Mejía Loor,2022), además es una estrategia aliada a la revegetación, por lo tanto, se convierten en autosostenibles.

Avanzando con el tema, se encontró como punto de novedad los sistemas de confinamiento celular: las geo-celdas, que están estructuradas con tiras de polietileno perforadas para aumentar la rigidez y crear un drenaje, estas deben soldarse siguiendo parámetros específicos para evitar que pierdan sus propiedades. Este es empleado en espesores de suelo entre 5 a 20 centímetros, para permitir siembras, en pendientes de hasta 35°, ya que su relleno depende de la cohesión, y el ángulo de rozamiento interno del suelo. (FRANK GIOVANNI, 2019).

Otra opción de revegetación es el pasto vetiver debido a su fuerza y longitud de la raíz de más de cuatro metros (Figura 1), que contribuye a unir y suspender las partículas del suelo, actuando de la misma manera que el alambre, ya que, retiene la superficie húmeda por la lluvia formando una capa en la base de la planta y crea estructuras escalonadas, lo que reduce el flujo de este. También se caracteriza por ser una especie única gracias a sus características bioquímicas, lo que permite su crecimiento y mejora las condiciones del terreno. (MUÑOZ, 2016)

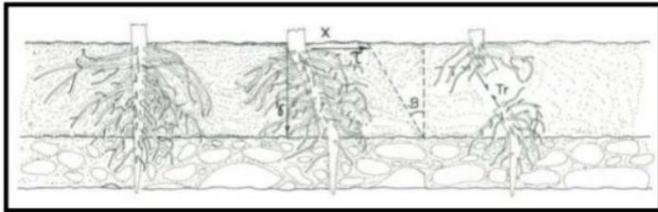


Figura 1. Pasto Vetiver.

Fuente: *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (1998).

Teniendo en cuenta lo anterior se aconseja que antes de realizar la implementación de estructuras para la estabilidad de taludes, se debe conocer a fondo lo relacionado con el proceso de erosión, es decir, identificar: el material del suelo en estudio, grados de inclinación, uso del terreno, el clima del área, presencia de vegetación, animales o cultivos, y la infraestructura de la zona para establecer las causas de la degradación. A partir de esto, se hace un diagnóstico para determinar las estrategias de manejo y métodos de control apropiados, a mediano o largo plazo. Entre otras cosas, es posible reducir el costo del proyecto (Rivera, 2013).

Por otra parte, en el área estructural el concreto es un producto de construcción que se realiza básicamente a partir de agua, grava, arena, y el aglutinante que es el cemento, el cual ocupa un 15% del volumen, (HOLCIM, 2015), adicional a esto se le agrega el cáñamo de cannabis debido a que el bagazo de este se utiliza para la elaboración de materiales de construcción (AWWAD, 2014), ya que tiene excelente resistencia, al ser 100% reciclable (SEN TARA, 2015), es así como se emplea para la fabricación de bloques de fibras o morteros aislantes, cabe resaltar que en el proceso de creación no es necesario fumar, ya que desde su tallo presenta ausencia de nutrientes lo que le da mejor trabajabilidad (Torres, 2017.)

Este tipo de bloques son una excelente alternativa bio ambiental y deberán cumplir la normativa (NSR-10, 2010) la cual especifica que estos deben estar debidamente fabricados y evidenciar que son compactos y no tienen fisuras para evitar inconvenientes en su manejo y de igual manera cumpla con la resistencia necesaria. En caso de que presenten pequeños errores a causa de su diseño, o la distribución y entrega. Solo el 5% de un lote son aceptados solo si no tienen grietas mayores que 25 mm, sin importar el sentido. Los demás deben ser identificados, para evitar que sean utilizados.

Como se ha dicho antes el concreto es un material de uso común, y fundamental en las estructuras civiles, es reconocido gracias a sus propiedades resistentes a diversos factores de estabilidad. El hormigón está compuesto por diferentes materiales que han sido apropiadamente administrados y analizados en laboratorios (Muñoz-Pérez et al., 2022). Dependiendo de los compuestos fisicoquímicos, estos se integran para formar los elementos monolíticos que otorgan los excelentes criterios que caracterizan la estructura, teniendo en cuenta su construcción y estándares de calidad.

### III. METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se llevó a cabo fue cualitativo, enfocado en encontrar estados del arte útiles para solucionar problemas del entorno ambiental y socio-económico en la construcción, haciendo un análisis detallado de referencias bibliográficas extraídas de diferentes bases de datos, recopilando métodos y estrategias para el aprovechamiento de los recursos con el fin de desarrollar alternativas para minimizar la huella de carbono (Hernández & Sarmiento, 2022) dejada por las obras civiles, a partir de la aplicación de la bioingeniería y el desarrollo sostenible.

Para lo anterior fue necesario localizar estudios basados en la ingeniería de taludes y la mampostería en la industria de construcción, y así obtener una técnica óptima que contiene: durabilidad, economía e impacto ambiental positivo. Logrando un equilibrio de esta combinación en las fibras de fique y el cáñamo de cannabis, a partir de con distintas alternativas, que generan a su vez un avance socio-económico y combatiendo la problemática medioambiental.

En el desarrollo del proyecto se usó una metodología participativa de la mano de la fundación "kokopelli" ubicada en el municipio de Boyacá, empresa boyacense que se encarga de la producción, recolección y transformación del fique, esta se eligió debido a las características de su entorno civil y los mecanismos para la ejecución de las actividades laborales, con el objetivo de diseñar geomantos para el recubrimiento de taludes. Mientras que, en el caso del cannabis se involucró a la industria productora de medicina alternativa, la cual realiza un proceso en el que usa y transforma esta planta dejando al final un residuo llamado bagazo que es desechado causando impacto ambiental negativo, por esta razón se propone una economía circular (Montero et al., 2022) con la fabricación de bloques de concreto a partir de esta.

Por lo tanto, el análisis detallado de los artículos tiene como fin identificar y reconocer los procesos constructivos, materiales de producción y costos. Es así como también, la recolección de los datos determina aspectos requeridos para indagar en el estudio del uso de materiales orgánicos en la mampostería como lo es el cannabis, el cual se usa para la reducción de agregado grueso a las mezclas. Y de igual forma, en los taludes aptos para la implementación de geomantos se busca el control de la erosión

y estabilidad, contribuyendo a la bioingeniería y al desarrollo de la comunidad (González & Ayala, 2017).

#### IV. ANÁLISIS

La biotecnología es la herramienta utilizada para aumentar la sustentabilidad en la creación de productos renovables y se encarga de métodos de combinación genética, cultivos celulares y de bioprocesos. Es de esta manera como en la obtención de bloques se fijaron las dosificaciones adecuadas según el material: cemento, agua, agregados pétreos (arena y cascajo), y bagazo cannabis el cual ayuda a reducir la cuantía de arena y grava en una proporción 3 a 1 (Acuña F. & et al., 2020), esta es la técnica para mejoramiento del concreto. Es así como se incorpora el bagazo a la producción de los bloques siguiendo la Norma NSR-10, sometidos a pruebas físicas y mecánicas basadas en la misma, estableciendo que las unidades en concreto son más pesadas que los fabricados con bagazo de cannabis, es así como se vuelven más liviano y su tamaño es más grande lo que hace que ocupe más espacio que los conocidos tradicionalmente.

Tomando en cuenta el estudio de (Torres, 2017), el cuerpo de la mezcla y la densidad aparente son constantes, pero mientras se utiliza mayor cantidad de bagazo va disminuyendo. La implementación de menor cantidad de bagazo a una temperatura determinada hace que el secado en el horno elimine el exceso de agua en gran medida, por tanto, la densidad se ve afectada debido a que mayor implementación de bagazo más liviano el bloque y con mayor volumen debido a que este absorbe de mejor manera el agua lo que hace que la relación sea directamente proporcional a su contenido tal como se muestra la gráfica donde se refleja la resistencia a la compresión de varios objetos de prueba para llegar a concluir que la densidad real del modelo es indirectamente proporcional al agregado de bagazo; por tanto, a mayor cantidad de bagazo menor densidad real.

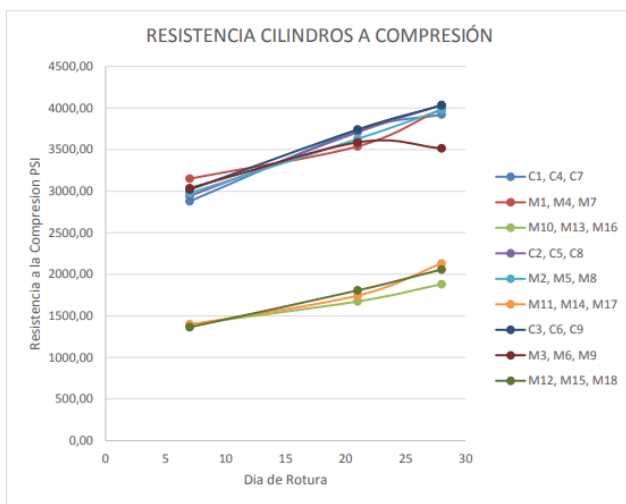


Figura 2. resistencia cilindros a compresión.  
Fuente: Torres, 2017

La disminución del impacto climático en el área de la geotecnia uso de mantos elaborados con fibras de fique, coco, yunque, paja y esparto, son unos de los recursos más duraderos y amigables con el medio ambiente, en la actualidad no son aplicados de manera común, debido a la falta de producción a pesar de que es un recurso bueno para el mejoramiento de las dificultades de estabilización en taludes acompañado con la hidrosiembra, es una alternativa ecológica, con al menos la mitad de la inversión de un proyecto común y crenado así un equilibrio ecológico con una economía circular.

Para encontrar el equilibrio entre un buen diseño estructural y el manejo ambiental en la estabilidad de taludes, el mejor proceso de intervención para detener la erosión es la revegetalización y restauración suelos erosionados teniendo en cuenta entidades como el Ministerio de Ambiente, el INVIAS, y organizaciones encargadas en determinar analizar y aprobar el uso de pasto vetiver como una buena solución de la bioingeniería en la intervención de taludes.

El apoyo de metodologías de bioingeniería en el campo de la estabilización de taludes es viable, un ejemplo de la implementación es el uso de pasto vetiver, ya que, según los resultados de las investigaciones previas a nivel mundial es retenedor de suelos debido a que es fuerte y se encarga de aumentar la cohesión haciendo un mejoramiento de las condiciones de la superficie, teniendo en cuenta, que el estudio previo in-situ, es lo que establece los parámetros que el mismo demanda para la ejecución de esta técnica bio-amigables.

A continuación, se describirán una serie de métodos en obra con fines del mejoramiento en el proceso de construcción implementando procesos bio-amigables (anticontaminación, depuración, y dispositivos genéricos) esto en el diseño y ubicación de proyecto:

PRECAUCIÓN	FASE	LOCALIZACIÓN
Crear zonas de acopio de desechos.	Obra.	En zonas escogidas.
Evitar la tala de vegetación nativa y buscar al finalizar la obra hacer un proceso de revegetación en zonas desnudas.	Obra.	En zonas escogidas.
Evitar la contención visual.	Obra.	En zonas escogidas.

Tabla 1. Métodos bio-amigables en la obra.  
Fuente: los autores.

La bioingeniería aplicada en la geotecnia y la infraestructura, es una alternativa con una menor demanda económica y mayor impacto positivo en el ambiente, los geomantos es una idea de innovadora para que fundación “Kokopelli” produzca a pequeña y gran escala, esto involucra la modificación de mecanismos para la ejecución de las actividades laborales aplicando herramientas de diseño y producción propias que promuevan el crecimiento socioeconómico de los artesanos, y así mejorar la calidad de vida. De igual manera, para el caso de las empresas productoras de medicina alternativa las cuales presentan problemáticas con la administración de los residuos y manejo del plan ambiental, se les propone el manejo de una economía circular basada en el uso del bagazo para la producción de bloques en concreto.

## V. CONCLUSIONES.

El proceso de construcción de los materiales que componen una estructura es fundamental, no solo para el proyecto, sino que también para el medio ambiente, ya que la Ingeniería convencional no actúa en los efectos de la degradación, por su parte la bioingeniería se basa en la generación de estructuras bio-amigables, manejando el uso de vegetación nativa o con alta resistencia que sea de fácil propagación, buscando la disminución del impacto ambiental.

Teniendo en cuenta estudios previos que han mostrado como las fibras de fique junto con sus principales propiedades están relacionadas a la favorabilidad para la estabilización de taludes, ya que presentan una alta capacidad de absorber agua, regular la escorrentía superficial e infiltración en el suelo, igualmente mantienen un equilibrio y activan la revegetalización del talud. Es así como la creación de geomantos nace a partir de este producto natural, usado para el sostenimiento y recubrimiento de dichas estructuras, que a su vez contribuye con el desarrollo y crecimiento industrial de la región, aplicando procesos de creación e innovación con nuevas técnicas de producción.

Debido a que en la actualidad el equilibrio de los terrenos es potencialmente inestable, se deben usar sistemas especializados en diseño y construcción, basados en tecnologías de revegetación de taludes, especializadas en la prevención y contención de los mismos. De esta manera, por medio de la bioingeniería y conciencia ambiental, se han llevado a cabo procesos de edificación apoyados en el desarrollo de materiales ecológicos como la fibra fique, que a su vez se encarga de cambiar la planeación de proyectos debido al mejoramiento en la ejecución y control. Modificaciones que han traído consigo estrategias para optimizar los resultados, buscando mejoras económicas para reducir sobrecostos en la infraestructura vial.

La bioingeniería actualmente es indispensable en las obras civiles dado al impacto generado por los seres humanos sobre el medioambiente. Por esta razón, se plantea el uso de geomantos los cuales ofrecen múltiples ventajas como la economía, debido a que estas alternativas son menos costosas

que las usadas regularmente. Además, son flexibles, tenaces y adaptables al terreno según sus características geotécnicas.

A partir de la bioingeniería y la geotecnia se refleja la hidrosiembra, la cual se encarga de un terraceo con una siembra de especies nativas que crean estabilidad en los taludes, además posee un manejo rápido y sencillo lo que hace que no se necesite equipo especializado y presentan gran diversidad en los métodos constructivos. Un ejemplo claro que se pudo determinar es el pasto vetiver ya que tiene un uso de control en la erosión de taludes de manera exitosa.

Se determinó que para los taludes con condiciones de alta fluidez de semillas favorables no es necesario presentar una mediación abrupta, y en caso contrario se hace una intervención a través de siembras controladas. Teniendo en cuenta pendientes de 45 grados o más, donde la colonización natural es baja se deben implementar técnicas de revegetación para lograr la estabilización del terreno inclinado.

El análisis con base en el entorno de la fundación y los artesanos, logra que los estudiantes y director presenten propuestas a los productores para que aporten tácticas o posibles modificaciones y sean ellos mismos quienes elijan los procesos productivos con los cuales quieren trabajar, de tal forma que adapten a sus necesidades teniendo en cuenta los esquemas ya definidos para el prototipo requerido. La implementación de diseños y estrategias tiene aspectos importantes como la optimización y seguridad al momento de la ejecución, además de aportar métodos innovadores que impactan positivamente a la comunidad y al medio ambiente.

Por otra parte, la bioingeniería en conjunto con el desarrollo sostenible, se aplica a las estructuras en la producción de bloques de concreto, dado que es un material fundamental en cualquier edificación y además es de alto costo, por lo tanto, se indago al respecto para encontrar una alternativa que involucrara el cumplimiento de las normativas en su diseño y que a su vez fuera económica, es así como se determinó por medio de una deducción experimental en conjunto de un análisis, que el cáñamo de cannabis como agregado cumple con el fraguado correcto en las pruebas mecánicas y las condiciones requeridas para su implementación.

Es importante destacar que cada diseño de prototipo debe cumplir con las pruebas de seguridad y calidad para que se defina como un producto de uso óptimo y viable, para el caso de los bloques de concreto en los ensayos físicos de resistencia a la comprensión es la requerida de 14 kg/cm<sup>2</sup> (Caceres & et al., 2022), mientras que, el peso húmedo y densidad real, son menores que en los convencionales, justificando que el uso de bagazo de cannabis en la producción de unidades es una gran alternativa para la mampostería liviana haciendo mejoramiento de las propiedades físicas.

Para la creación de bloques de concreto, según el estudio de dosificaciones previamente realizado se prepararon las cantidades adecuadas y necesarias para el aprovechamiento responsable del consumo de la materia prima, y a su vez lograr

que la producción sea sostenible para el crecimiento económico y evitar la degradación ambiental.

Finalmente, la biotecnología afirma que para el sostenimiento de taludes es fundamental la hidrosiembra, el control de agua, y el uso de biomantos que, a su vez, son utilizados para estabilizar el material, evitar la erosión y la pendiente de la superficie; basándose en que las plantas aglutinan el suelo y usan cubiertas con sus raíces que forman redes capaces de soportar deslizamientos. Por su parte, la producción de bloques de concreto basados en la implementación de agregados de cáñamo de cannabis logran cumplir con los requisitos y funciones de uno convencional, pero mejores condiciones óptimas que contribuyen a la economía y al medio ambiente. Concluyendo de esta manera que la bioingeniería es una alternativa segura para el desarrollo sostenible.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Flórez, C. A., Gutiérrez Junco, O. J., & Sánchez Hernández, Y. (2020, October). Resistencia a compresión de cilindros de concreto reforzados con fibra de cáñamo. In *Congreso Internacional de Innovación en Ingeniería Civil*.
- Arauzo Zevallos, J. A., & Tumialan Poma, I. (2022). Coberturas mixtas en base a geomalla y vegetación para la estabilización de taludes en una carretera a nivel de afirmado, Pasco 2022.
- AWWAD, E. Y. (2014). *STRUCTURAL BEHAVIOR OF SIMPLY SUPPORTED BEAMS CAST WITH STRUCTURAL BEHAVIOR OF SIMPLY SUPPORTED BEAMS CAST WITH*. OBTENIDO DE PROQUEST. [EN LÍNEA]: [HTTP://EZPROXYUCDC.UCATOLICA.EDU.CO:2053/DOCVIEW/1628241048/FULLTEXTPDF/2DD54585C13F4617PQ/1?ACCOUNTID=45660](http://EZPROXYUCDC.UCATOLICA.EDU.CO:2053/DOCVIEW/1628241048/FULLTEXTPDF/2DD54585C13F4617PQ/1?ACCOUNTID=45660).
- CACERES VARGAS, J., & PALMA OSORIO, A. G. (2022). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN MUROS DE ADOBE ADICIONANDO RESIDUOS QUIRÚRGICOS DE POLIPROPILENO MANDILES-GORROS, JUNÍN-2022.
- CASTILLO, C., & SÁNCHEZ, I. O. M. (2014). *SUBGERENTE ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO*. 33.
- HASSAN, F., ZULKIFLI, R., GHAZALI, M. J., & AZHARI, C. H. B. C. (2017). KENAF FIBER COMPOSITE IN AUTOMOTIVE INDUSTRY: AN OVERVIEW. *INTERNATIONAL JOURNAL ON ADVANCED SCIENCE, ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY*.
- HERNÁNDEZ, I. R., PERDOMO, D., & RINCÓN, J. D. (2015). IMPLEMENTACIÓN DE FIBRAS NATURALES EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES.
- González, L. N. C., & Ayala, P. A. A. (2017). *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADO BOGOTÁ 2017*. 87.
- FRANK GIOVANNI, R. C. (2019). USO DE BIOINGENIERÍA EN SUELOS QUE HAN SIDO AFECTADOS POR PROCESOS EROSIVOS EN CANTERAS EN LOS CERROS ORIENTALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ EN EL SECTOR DE USAQUÉN. MANIZALES: UNIVERSIDAD DE MANIZALES.
- HOLCIM. (2015). *HOLCIM MÉXICO*. . OBTENIDO DE (EN LÍNEA): [HTTP://WWW.HOLCIM.COM.MX/PRODUCTOS-Y-SERVICIOS/CONCRETO.HTML](http://www.holcim.com.mx/productos-y-servicios/concreto.html).
- HUERTAS, S. & TORO SANTOS, M. S (2021). BIOPROSPECCIÓN DEL CÁÑAMO SOPORTADA EN PROCESOS VERDES PARA LA INDUSTRIA COLOMBIANA. BOGOTA: UNIVERSIDAD EAN.
- INVIAS E-NORMA. (2022). *INVIAS E-917*. COLOMBIA: NORMA TECNICA.
- INVIAS- ARTÍCULO 850—22. (2022). RECUPERADO 14 DE FEBRERO DE 2023, DE [HTTPS://WWW.INVIAS.GOV.CO/INDEX.PHP/ARCHIVO-Y-DOCUMENTOS/DOCUMENTOS-TECNICOS/13345-ART-850-GEOBIOINGENIERIA/FILE](https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/13345-art-850-geobioingenieria/file)
- LEÓN PELÁEZ, J. D. (2001). *ESTUDIO Y CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA*. BOGOTA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- MARTÍNEZ, J. (2010). MEZCLAS ECOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN Y ESTABILIDAD DE TALUDES. *FACULTAD DE INGENIERÍA, VOL. 19, Nº 28, 36, 6*.
- Mejía Loor, S. N. (2022). *Ensayo de germinación para geomantos (mantos de control de erosión) temporales y permanentes utilizando Vetiver para el control de erosión de taludes de Quito* (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).
- MONTERO TORRES, J., LEÓN AGUILAR, A., & CONTENTO LAVERDE, M. A. (2022). ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE LOS RCD EN LA IMPLOSIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL MINISTERIO DE DEFENSA PARA RECONOCER LA APLICACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA CIVIL.
- MORALES, C. Z. (2010). *GEOTEXILES SUBDRENAJE Y BIOINGENIERÍA*. MÉRIDA: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- MUNDOTEXTIL. (16 DE AGOSTO DE 2017). *FIBRAS NATURALES: CÁÑAMO*. OBTENIDO DE [ACCESSED : HTTPS://MUNDOTEXTILMAG.COM.AR/FIBRASNATURALES-CANAMO/](https://mundotextilmag.com.ar/fibrasnaturales-canamo/)
- MUÑOZ, M. (2016). RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA EN INFRAESTRUCTURAS MEDIANTE BIOINGENIERÍA.
- MUÑOZ, P. A., SÁNCHEZ, M. Á. S., & UTRILLA, S. E. (2023). ESTIMATION OF SOIL EROSION THROUGH THE RUSLE MODEL. CASE STUDY: UPPER-MIDDLE BASIN OF MIRA RIVER IN ANDEAN-

ECUADOR. *INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS (ESPAÑA)*, (79), 207-230.

MUÑOZ-PÉREZ, S. P., CABRERA-ALCÁNTARA, A. L., DELGADO-BRAVO, C. C., & RENILLA-LAU, P. A. (2022). COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL HORMIGÓN ADICIONANDO RESIDUOS DE ACERO: UNA REVISIÓN LITERARIA. *REVISTA UIS INGENIERÍAS*, 21(1), 1-15.

MUÑOZ, R. M. (2016). REVISIÓN PANORÁMICA DEL USO DEL PASTO VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN RESTAURACIÓN DE TALUDES COMO TÉCNICA DE BIOINGENIERÍA DEL SUELO. BOGOTÁ: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO.

NSR-10. (2010). EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENT. BOGOTA.

*PRODUCCIÓN DE MARIHUANA POR PLANTA—RQS BLOG*. (2023). ROYAL QUEEN SEEDS. RECUPERADO 24 DE MARZO DE 2023, DE [HTTPS://WWW.ROYALQUEENSEEDS.ES/BLOG-CUANTA-HIERBA-SE-PUEDA-PRODUCIR-CON-UNA-SOLA-PLANTA-N1246](https://www.royalqueen seeds.es/blog-cuanta-hierba-se-puede-producir-con-una-sola-planta-n1246)

RIVERA, J. (2013). EXPERIENCIAS DE CASOS EXITOSOS, CON EL USO DE LA BIOINGENIERÍA EN EL CONTROL DE PROBLEMAS DE EROSIÓN Y MOVIMIENTOS MASALES. DOCUMENTO PDF. 27 p. . PONENCIA DEL VI SEMINARIO DE GESTIÓN AMBIENTAL INTERNACIONAL – SIGA 2013.

RIVEROS, R. (2004). PROYECTO DE TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE RECUBRIMIENTO ECONÓMICO, NO TRADICIONAL, PARA TALUDES DE LA VIII REGIÓN. CHILE: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD DEL BÍO-BIO.

RUBIO HERNÁNDEZ, C. D., & SARMIENTO NOSSA, L. F. (2022). PLAN DE NEGOCIO PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA AMBIENTAL CIVILECOLOGY R&S SAS, INGENIERÍA VERDE.

TERREROS ROJAS, L. E. (2016). ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONANDO FIBRA DE CÁÑAMO. BOGOTA: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

TITUANO, J. A. S., SACÓN, R. W. Z., GILER, B. I. C., & PÁRRAGA, J. F. V. (2022). MATERIALES ALTERNATIVOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN ECUADOR: UNA REVISIÓN. *POLO DEL CONOCIMIENTO: REVISTA CIENTÍFICO-PROFESIONAL*, 7(4), 53.

Torres, J. A. M. (2017). *ANÁLISIS MÉCANICO DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DEL 2 % DE FIBRA NATURAL DE CÁÑAMO*.