

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA



Evaluación del proceso de rehabilitación de suelos de una empresa minera, para determinar  
estrategias integrales y minimizar afectaciones ambientales en La Guajira

Miguel Enrique Cotes Ramírez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Octubre de 2025

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

Evaluación del Proceso de Rehabilitación de Suelos de una Empresa Minera, para determinar  
Estrategias integrales y minimizar Afectaciones Ambientales en La Guajira

Miguel Enrique Cotes Ramírez

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora

Ivonne Tatiana Muñoz Martínez

Magister en Administración

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Octubre de 2025

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

**Contenido**

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Lista de tablas .....                           | 5  |
| Lista de ilustraciones.....                     | 6  |
| Lista de Gráficas .....                         | 7  |
| Lista de anexos.....                            | 8  |
| Resumen.....                                    | 9  |
| Abstract.....                                   | 10 |
| Introducción .....                              | 11 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....             | 12 |
| 1.1 Descripción del problema .....              | 12 |
| 1.2 La pregunta de investigación .....          | 13 |
| 1.3 Los objetivos de investigación.....         | 14 |
| 1.3.1 Objetivo general.....                     | 14 |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....               | 14 |
| 1.4 Justificación de la investigación .....     | 14 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA .....                    | 17 |
| 2.1.Marco de Antecedentes .....                 | 17 |
| 2.2.Marco Teórico .....                         | 17 |
| 2.3.Marco normativo .....                       | 21 |
| 3. METODOLOGÍA .....                            | 23 |
| 3.1.Enfoque y alcance de la investigación.....  | 23 |
| 3.2.Población y muestra .....                   | 24 |
| 3.2.1.Definición de la población .....          | 24 |
| 3.2.2.Cálculo y selección de la muestra .....   | 24 |
| 3.3.Instrumento(s) .....                        | 24 |
| 3.4.Descripción de procedimientos .....         | 25 |
| 3.5.Análisis de información.....                | 26 |
| 3.5.1. Consultas Directas.....                  | 27 |
| 3.5.2. Datos Cuantitativos y Estadísticas ..... | 27 |
| 3.5.3. Proceso de Recopilación .....            | 28 |
| 3.5.4. Proceso de Limpieza y Preparación .....  | 28 |

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.5. Categorización de Datos .....                       | 28 |
| 3.5.6. Uso de los Datos .....                              | 28 |
| 3.5.7. Características de la fuente secundaria .....       | 29 |
| 3.5.8. Estrategia de búsqueda.....                         | 29 |
| 3.5.9. Identificación de las bases de datos .....          | 30 |
| 3.5.10. Contenido del estudio.....                         | 30 |
| 3.5.11. Idioma .....                                       | 30 |
| 3.5.12. Codificación de datos.....                         | 31 |
| 3.5.13. Recolección de Datos.....                          | 31 |
| 3.5.14. Tratamiento de Datos .....                         | 31 |
| 3.5.15 Análisis Preliminar.....                            | 31 |
| 3.5.16 Consideraciones Adicionales: .....                  | 32 |
| 3.5.17 Hoja de extracción de datos fuente secundaria ..... | 32 |
| 3.5.18 Extracción de datos cualitativos.....               | 33 |
| 3.5.21 Presentación de los hallazgos:.....                 | 33 |
| 3.6 Consideraciones éticas .....                           | 37 |
| 3.6.1 análisis de consideraciones éticas .....             | 37 |
| 4. RESULTADOS.....                                         | 38 |
| 5. DISCUSIÓN .....                                         | 49 |
| 6. CONCLUSIONES .....                                      | 50 |
| 7. RECOMENDACIONES.....                                    | 52 |
| Referencias.....                                           | 54 |
| Anexos .....                                               | 58 |

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

**Lista de tablas**

|                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1 Formato de tabla de clasificación de documentos. .... | 3232 |
| Tabla 2 Documentos relacionados con la Investigación .....    | 35   |

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

**Lista de ilustraciones**

Ilustración 1 Descripción del procedimiento ..... 346  
Ilustración 2 Proceso de análisis de datos del instrumento ..... 34

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

**Lista de gráficas**

|                                                                                             |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Gráfica 1 Organizaciones.....                                                               | 388  |
| Gráfica 2 Conocimiento de los procesos de rehabilitación .....                              | 399  |
| Gráfica 3 Socializaciones de procesos .....                                                 | 4040 |
| Gráfica 4 Efectividad de las fases del proyecto .....                                       | 4242 |
| Gráfica 5 Importancia de la relación costo - beneficio al ambiente.....                     | 4242 |
| Gráfica 6 Necesidad de la rehabilitación de suelos.....                                     | 4443 |
| Gráfica 7 Conocimiento de los procesos estandarizados para la rehabilitación de suelos..... | 44   |

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA  
EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y  
MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

**Lista de anexos**

|                                                                                                                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Anexo 1. Cuestionario Sobre La Gestión Ambiental En Los Procesos De Rehabilitación De Tierras De La Empresa Cerrejón En El Departamento De La Guajira ..... | 5856 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

# EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

## Resumen

La investigación se enfocó en la Evaluación del proceso de rehabilitación de suelos implementado por una empresa minera en La Guajira, utilizando un enfoque cualitativo apoyado en fuentes bibliográficas y entrevistas a especialistas del sector ambiental. Se contó con la participación de actores interesados (Stakeholders) como la Gobernación de La Guajira, las autoridades tradicionales indígenas, la empresa Cerrejón, estudiantes de ingeniería y diversas organizaciones ambientales. Los resultados evidencian que, aunque el 70% de los participantes posee algún conocimiento sobre los procesos de rehabilitación, solo el 30% afirma conocerlos completamente. Los resultados muestran que, aunque existen esfuerzos de rehabilitación y una planificación estratégica, la recuperación ecológica es limitada y depende de las técnicas empleadas y del tiempo transcurrido. Se concluyó que es necesario adoptar métodos más sostenibles para mejorar la conectividad del ecosistema y garantizar una rehabilitación ambiental más efectiva en la región.

**Palabras clave:** Planificación estratégica, minería, regeneración, flora, partes interesadas

# EVALUACIÓN DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE SUELOS DE UNA EMPRESA MINERA, PARA DETERMINAR ESTRATEGIAS INTEGRALES Y MINIMIZAR AFECTACIONES AMBIENTALES EN LA GUAJIRA

## **Abstract**

The research focused on evaluating the soil rehabilitation process implemented by a mining company in La Guajira, using a qualitative approach based on bibliographic sources and interviews with specialists in the environmental sector. Stakeholders such as the Government of La Guajira, traditional indigenous authorities, the Cerrejón company, engineering students, and various environmental organizations participated in the study. The results show that, although 70% of participants have some knowledge of rehabilitation processes, only 30% claim to be fully familiar with them. The results show that, although rehabilitation efforts and strategic planning exist, ecological recovery is limited and depends on the techniques used and the time elapsed. It was concluded that more sustainable methods need to be adopted to improve ecosystem connectivity and ensure more effective environmental rehabilitation in the region.

**Keywords:** Strategic planning, mining, regeneration, flora, stakeholders

## **Introducción**

En la presente investigación se analizó de manera detallada el proceso de rehabilitación de suelos propuesto por una empresa dedicada a la minería extractiva en el departamento de La Guajira, Colombia. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, utilizando fuentes bibliográficas y entrevistas a actores clave, con el propósito de identificar si dentro de la empresa existe un verdadero compromiso frente a los impactos ambientales generados por la actividad minera, los cuales han sido corroborados en diversos ecosistemas del territorio guajiro.

Esta evaluación permitió validar la posibilidad de establecer una teoría aplicada orientada a generar acciones de mejora y cambio en el desarrollo de las labores mineras, a partir de procesos estructurados con tiempos definidos y múltiples variables técnicas, sociales y ambientales que inciden en la rehabilitación de los suelos intervenidos. De igual forma, ofrece una mirada integral a los territorios afectados, evaluando la eficiencia y veracidad de las acciones emprendidas por la empresa, especialmente en términos de fauna y flora regenerada en las zonas intervenidas.

El propósito principal del estudio fue analizar la percepción, el conocimiento y la efectividad de las fases del proceso de rehabilitación de tierras implementado por la empresa minera en La Guajira, considerando la visión de los distintos actores que participan directa o indirectamente en el territorio. Asimismo, se buscó identificar las limitaciones, desafíos y oportunidades de mejora en la socialización, monitoreo y gestión ambiental de dichos procesos, con el fin de fortalecer las estrategias de sostenibilidad y promover una minería más responsable, participativa e inclusiva.

De manera complementaria, la aplicación de modelos estadísticos y análisis cuantitativos permitió inferir los procesos regenerativos del suelo y determinar la cadena de valor ambiental del proceso extractivo, contrastando los resultados teóricos con las observaciones prácticas. Finalmente, se reconoce la importancia de integrar los componentes bióticos y abióticos en las áreas de influencia minera, con el objetivo de que, una vez culminen las actividades de extracción, los terrenos restaurados puedan incorporarse a los corredores ecológicos del departamento, contribuyendo así a la recuperación y equilibrio del ecosistema guajiro.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

El crecimiento y desarrollo de la humanidad a lo largo del mundo, ha generado cambios positivos y negativos al planeta, estos son inherentes a la actividad cotidiana y básica que representa al ser humano; los procesos de crecimiento económico y búsqueda de bienestar social empujan a la humanidad a la utilización de recursos ambientales como una fuente indispensable de oferta para el mejoramiento de la calidad de vida. Con la invención de la maquina vapor que llevó al desarrollo y revolución industrial permitió un crecimiento de los procesos para establecer fuentes claras y necesarias para un mayor rendimiento y producción. (Villalobos, 2022)

Este contexto ha llevado a la utilización de recursos ambientales para la producción de energía, como fuentes principales para la supervivencia y el desarrollo del diario vivir, sin embargo, estas acciones generan impactos ambientales negativos sistemáticos en forma de calentamiento global, contaminación atmosférica, lluvia ácida, contaminación radiactiva o vertidos de hidrocarburos (Distancia, 2006) que afectan a los seres humanos. los recursos ambientales son renovables y los no renovables, estos últimos como el petróleo, carbón, el gas y sus derivados (Núñez, 2020) son los más utilizados para procesos de generación energética y bienestar al ser humano.

Exige una condición marcada hacia la utilización de recursos no renovables, por el alto impacto negativo que genera al medio ambiente, el procesamiento de estos, se convierte hoy en día en afectaciones para los componentes de medio ambiente como en el agua, suelo, aire, fauna, flora, cabe resaltar que estos enfoques ambientales son visto desde el punto de vista general, enfocado como un sistema integral que intercomunica a los seres vivos y todos los agentes que en él se desarrollan de tal manera que uno depende directa o indirectamente del otro.

Los procesos de extracción de minería de carbón generan una afectación directa al ambiente, para este proceso se debe hacer el levantamiento de la capa vegetal hasta llegar al material objetivo inerte (carbón), generando la destrucción de la conformación del suelo como fuente del medio ambiente y de las interacciones simbióticas que allí se desarrollan interrumpiendo los procesos formativos ambientales que se miden en millones de años. (Villareal, 2005)

El departamento de La Guajira ubicado al norte de Colombia, desde hace más de 40 años cuenta con la mina a cielo abierto más grande del mundo con 69.000 hectáreas con una capacidad anual de 25.7 millones de toneladas de carbón aproximadamente (Republica, 2009), todo estos procesos han llevado a la generación de impactos ambientales negativos originados de la extracción de carbón y generando una destrucción del suelo y capa vegetal así como el desplazamiento de fauna y flora endémica y el daño de la dinámica hidrogeológica que afecta la región.

Sin embargo, para el desarrollo de los permisos y licencias ambientales es necesario establecer métodos que permitan minimizar, mitigar, corregir y compensar los daños al medio ambiente por los procesos mineros, esto contemplado en la normativa Colombiana bajo el decreto 1076 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo sostenible”; (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015) así mismo, dentro de sus Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) se definen programas estratégicos como fuentes alternativas que permitan minimizar los impactos y establezcan un caso específico para los procesos para la rehabilitación de suelos posterior a un proceso extractivo.

Estos métodos y acciones de rehabilitación de suelos están establecidos y determinan una eficiencia en el transcurrir de los años que garantiza una recuperación de los procesos bióticos en los suelos posterior a la extracción; sin embargo no existe una garantía inicial que determine que procesos de rehabilitación está brindando frutos y no es la consecuencia de las afectación ambientales como la sequía, disminución de los caudales ecológicos en los afluentes cercanos y la falta de especies de fauna y flora (Cerrejón , 2022)

Con la determinación de este análisis se garantizó un conocimiento real si los procesos de recuperación ambiental han sido exitosos o si los daños al suelo son irreparables, así mismo orienta a otras empresas similares a ajustar políticas y procedimientos que permitan una eficiencia a nivel general y un ajuste a el valor mínimo de los procesos ecológicos de desarrollo sostenible y minería ambientalmente responsable.

## **1.2 La pregunta de investigación**

¿Sirve el proceso de rehabilitación de suelos de una empresa minera en el departamento de La Guajira como forma de mitigar las afectaciones ambientales, considerando la gestión de riesgos como herramienta clave para evaluar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo?

### **1.3 Los objetivos de investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el proceso de rehabilitación de suelos de una empresa minera en La Guajira, con el fin de percibir su efectividad técnica, ambiental y social, para formular estrategias integrales que permitan optimizar la recuperación de los suelos, minimizar las afectaciones ambientales y fortalecer la participación de las comunidades y la gestión institucional.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar el nivel de conocimiento y percepción que tienen las organizaciones sociales, comunidades indígenas y actores institucionales del departamento de La Guajira sobre los procesos de rehabilitación de tierras desarrollados por una empresa minera.

Conocer la efectividad de las fases del proceso de rehabilitación de suelos implementadas, según los criterios técnicos, ambientales y sociales reconocidos por los actores consultados.

Identificar las principales limitaciones en los mecanismos de socialización, participación comunitaria y monitoreo ambiental en torno al proceso de recuperación de tierras, con el fin de proponer estrategias de mejora.

### **1.4 Justificación de la investigación**

El desarrollo de un proceso de minería genera impactos negativos al ambiente que son intrínsecos de su operación y actividades, por esta razón desde los procesos ambientales se garantizan la posibilidad de brindar herramientas que mitiguen, evalúen y compensen los daños que genera esta actividad y permitan una sostenibilidad que determine la posibilidad de seguir explotando y a su vez establecer acciones amigables que cuiden y garanticen el ecosistema (Hilson & Murck, 2000).

El desarrollo de este análisis es importante, porque permite una mirada clara hacia un proceso que ha sido probado por muchos años a través del desarrollo de actividades experimentales con resultados que no tienen veracidad total para determinar un verdadero proceso de rehabilitación, que permita que los

suelos intervenidos en la actividad minera de explotación de carbón tiendan a una recuperación e integración al ecosistema, determinando el verdadero impacto hacia la interacción con las personas que colindan con la mina (Zárate et al., 2018).

En este orden de ideas, se garantiza la pertinencia de este estudio como un posible semáforo que identifique alertas ante un proceso de rehabilitación de suelos, que beneficia directamente a todo un departamento con características económicas, políticas y sociales complejas, que no ha visto la inversión social derivada de los procesos mineros por diferentes razones y genera repudio en un porcentaje de la población por los daños ambientales (Bebbington et al., 2008).

Este estudio generó un impacto positivo para la comunidad investigativa debido a la magnitud que plantea evaluar un diseño de esta empresa minera, catalogada como la mina de carbón a cielo abierto más grande del mundo, lo cual permite el desarrollo y la aplicación en otras zonas a nivel mundial (World Bank, 2010).

El conocer con veracidad los resultados de un proceso de rehabilitación de suelos permite a la comunidad direccionar acciones para establecer planes de monitoreo constantes y determinar evaluación de impacto ambiental para la toma de decisiones encaminadas a los procesos de compensación ambiental o mitigación de los impactos, generando un beneficio extra al departamento, aparte del económico, producto de la explotación, llevando a una motivación especial por parte de la comunidad científica en conocer una información veraz con características cuantitativas y cualitativas de la realidad de los procesos ambientales de rehabilitación de suelos (Sánchez, 2011).

Este análisis funcionó como un aviso o un apoyo que permita replicar y conocer un proceso que se establece hace aproximadamente 30 años, con acciones experimentales, y que permite determinar el seguimiento de los ecosistemas rehabilitados, así como la interacción que desarrollan en la fauna y flora. Transciende por la relevancia y el impacto de cara a los procesos de incorporación indígena del entorno como la cosmovisión wayuu, etnia autóctona de la zona que convive con esta empresa y genera un proceso diverso de entendimiento e identificación de acciones, reconociendo la invasión al territorio y el daño a la madre tierra (Ulloa, 2005; Pineda-Buitrago, 2020).

El desarrollo de este análisis garantizó la posibilidad de contribuir al sector investigativo del departamento, entendido como un proceso que cubre varias ramas del sector ambiental y permite entender el direccionamiento ante la carencia de agua —tema de vital importancia relacionado al movimiento

hidrogeológico de la tierra— así como el estudio de flora xerofítica, la garantía de fauna endémica y la relación ante impactos negativos en las zonas de influencia; las enfermedades de material particulado y la disponibilidad para uso del suelo (Espitia et al., 2022; Rudas & Pineda, 2010).

De esta manera, se determinó que es un estudio conveniente y relevante para el departamento, con unas implicaciones proactivas que permiten la toma de decisiones o acciones inmediatas para determinar la veracidad de un proceso y brindar a la sociedad la información que lleva años pero que las personas no identifican claramente y no reconocen. Dentro de esas prácticas también se puede incidir ante esta empresa minera para la toma de decisiones que garanticen un proceso de rehabilitación de suelos consciente y adecuado, y que retome las características previas al proceso de intervención minero (Mudd, 2010).

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

La Evaluación de suelos en el contexto de la minería es una disciplina esencial para la gestión de los impactos ambientales asociados con las actividades mineras. Los suelos desempeñan un papel crítico en el ecosistema, y su salud puede verse significativamente afectada por la extracción de minerales. El análisis permite identificar contaminantes, evaluar la calidad del suelo y desarrollar estrategias para mitigar los impactos negativos de las operaciones mineras.

La minería ha evolucionado considerablemente desde los primeros métodos rudimentarios hasta técnicas sofisticadas y altamente especializadas. Inicialmente, el enfoque estaba en el análisis básico para determinar la presencia de minerales valiosos. Con el tiempo, la creciente preocupación por el impacto ambiental llevó a un enfoque más integrado que incluye la evaluación de contaminantes, el manejo de residuos y la rehabilitación de suelos. Hoy en día, el análisis de suelos se apoya en tecnologías avanzadas, como la espectroscopía de absorción atómica y la cromatografía de gases, que permiten una evaluación más precisa y detallada.

Las actividades mineras pueden tener impactos significativos en los suelos, incluyendo la contaminación por metales pesados, el agotamiento de nutrientes y la alteración de la estructura del suelo. Estos impactos pueden afectar la biodiversidad, la calidad del agua y la salud de los ecosistemas circundantes.

Las estrategias para mitigar los impactos negativos incluyen la implementación de prácticas de manejo sostenible, como la rehabilitación de suelos y la gestión adecuada de residuos mineros. La rehabilitación puede involucrar la reforestación, la restauración de la estructura del suelo y la adición de nutrientes. La gestión de residuos incluye la contención y tratamiento de residuos tóxicos y la reducción de la generación de desechos.

### **2.1. Marco de Antecedentes**

Existen antecedentes de estudios que sirven como base y soporte para el desarrollo de este análisis. Entre ellos se encuentra el estudio de caso Minas de Carbón a Cielo Abierto de La Loma – Pribbenow (LAM0027) y El Descanso (LAM3271) realizado por Ruales (2022), quien aborda la rehabilitación de suelos postmineros desde el punto de vista jurídico e institucional. Este trabajo hace un

repaso de las normas que lo reglamentan, los controles ambientales, jurisdiccionales y fiscales que intentan encauzarlo, los avances logrados desde la década de 1970 y sus posibles vacíos y deficiencias, tomando como referencia las minas de carbón a cielo abierto dirigidas por Drummond Company Ltd.

También se retoman los aportes de Oliveros (2017), quien desarrolló el estudio titulado Caracterización y restauración ecológica de suelos en minería de carbón a cielo abierto: antecedentes, técnicas actuales y búsqueda de nuevas técnicas para su tratamiento. En este trabajo, la autora analiza diversos artículos científicos relacionados con la caracterización y remediación de los suelos afectados por la minería, aportando una visión integral sobre las metodologías empleadas y las oportunidades de mejora en los procesos de rehabilitación ambiental.

De igual manera, Montes de Oca-Risco (2013) realizó un estudio sobre la recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera Los Guaos, en Santiago de Cuba, donde elaboró un procedimiento para la recuperación de áreas minadas en canteras de materiales de construcción. Asimismo, Díaz (2017) aportó a la construcción de una minería responsable mediante la remediación de suelos alterados por la minería del carbón a cielo abierto, aplicando biochar procedente de residuos biomásicos de palma de aceite.

Esta investigación también toma como referencia el trabajo de Agudelo (2021), quien formuló el proyecto de inversión Recuperación de suelos degradados por minería en el corregimiento El Pato del municipio de Zaragoza, Antioquia, desarrollado bajo la Metodología General Ajustada (MGA). Este estudio contiene el sustento teórico y metodológico que permitió la estructuración y justificación de la alternativa de solución propuesta, incluyendo su análisis y evaluación socioeconómica.

Por su parte, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (2012) presentó el Protocolo de restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto de oro y platino en el Chocó, el cual plantea diversas líneas y perspectivas de revegetalización, recuperación, rehabilitación y restauración de los sistemas naturales. Estas buscan establecer una cobertura vegetal, restablecer elementos del bosque para diferentes usos y mejorar el estado degradado mediante la recuperación de funciones ecosistémicas.

También se considera el estudio de Ospina Puerta y Pulido Puerto (2023), La revitalización de las zonas afectadas por la minería como estrategia de cierre de pasivos y desarrollo de usos post-minería a partir de la armonización de los instrumentos ambientales y urbanísticos: el caso del río Tunjuelo en Bogotá D.C.. Este trabajo propone un mecanismo de articulación técnico-jurídico para la revitalización de

suelos afectados por la minería, transformándolos en suelos de desarrollo urbano para múltiples usos, a partir del análisis de los cierres mineros ubicados en el río Tunjuelo y del marco jurisprudencial y normativo sobre minería en Colombia.

Por otro lado, Pineda (2022) desarrolló el estudio Efecto de elementos orgánicos en la recuperación de suelo en explotación ladrillera de arcilla (Cogua, Cundinamarca). En este se delimitó un experimento con 20 parcelas, asignando aleatoriamente cinco parcelas a cada tratamiento (incluyendo el control), demostrando el papel recuperador del biocarbón a corto plazo.

Finalmente, Xiong (2015) llevó a cabo el estudio Recuperación y rehabilitación de suelos contaminados con elementos traza mediante la aplicación de enmiendas y el establecimiento de una cubierta vegetal natural o de una planta de crecimiento rápido (*Paulownia Fortunei*). Este incluyó dos experimentos de recuperación natural asistida de suelos contaminados con elementos traza, uno en condiciones de campo y otro en condiciones semicampo.

## **2.2. Marco Teórico**

Para el desarrollo de un proceso investigativo se toma como referencia lo dictado por (Miller, 1990) que proponen que las actividades mineras dejan tierras fuertemente excavadas con riesgo de derrumbes, suelos compactados, con pérdida de estructura, con deficiencias químicas, pH extremos y restos de metales pesados tóxicos, la remoción de la cubierta vegetal reduce la biodiversidad y el contenido de materia orgánica (MO) del suelo que incrementan los riesgos de erosión (Izquierdo et al., 2005). Para minimizar los daños ambientales, la remediación y restauración del suelo deberían ser tomadas en cuenta para producir una estabilización del mismo y la eventual colonización de organismos (Murcia, 2007)

Históricamente se ha discutido sobre los paisajes perturbados drásticamente en relación con la alteración de los ecosistemas con respecto al ciclo de nutrientes y agua (Shrestha, 2006). La pérdida de la materia orgánica del suelo como se da en este proceso minero se considera como un componente clave en terrenos alterados drásticamente, afectando las funciones de los ecosistemas, tales como la calidad del aire y del agua, condiciones de hábitat de la fauna y la productividad agrícola.

El recurso suelo, entendiendo su finitud y el grado de degradación, enfrenta contrasentidos entre el mundo factico (las técnicas de recuperación) y el jurídico. Es necesario evaluar la regulación existente, las obligaciones que impone el Estado Colombiano a la actividad minera en la zona minera de intervención, y los deberes de supervisión y control que le asisten al Sistema Nacional Ambiental (SINA) aporte que realiza (Rúales, 2022)

De esta manera se desarrolla y se entiende el proceso de las compañías mineras que almacenan el suelo natural durante la fase de la minería del carbón y luego que se complete la minería, se retorna el suelo acopiado en la fase de restauración (Liu, 2014). Estos tipos de suelos de minas son muy degradados, contienen minerales levemente ácidos a neutro en pH y, por lo tanto, tienen relativamente buena calidad del suelo. La compactación del suelo o de la profundidad del suelo superficial es, a menudo, un problema para el establecimiento de una planta satisfactoriamente (especialmente árboles).

Para el desarrollo conceptual de la investigación es necesario tener presente los siguientes conocimientos de los componentes ambientales que se intervienen como suelos que según él (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2024) es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta.

De la misma forma se entiende los procesos de minería a cielo abierto como minas de superficie que adoptan la forma de grandes fosas en terraza, cada vez más profundas y anchas. Los ejemplos clásicos de minas de cielo abierto son las minas de diamantes de Suráfrica empleadas para explotar tubos de kimberlita, depósitos de mineral en forma cilíndrica que ascienden por la corteza terrestre. A menudo tienen una forma más o menos circular

Para el desarrollo procesos de rehabilitación de suelos la recuperación de un suelo contaminado tiene como finalidad lograr unos niveles aceptables de salud y calidad del suelo, entendida como la capacidad de un suelo para mantener las funciones de productividad y de calidad ambiental y favorecer la salud vegetal y animal. Los métodos biológicos de recuperación de suelos consisten en la eliminación, atenuación o transformación de sustancias contaminantes mediante el uso de organismos vivos. (Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, 2018)

Un factor importante a tener en cuenta es el ecosistema visto como un conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a

ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema. (Bolisetti, 2020)

### **2.3. Marco normativo**

El marco normativo colombiano relacionado con la rehabilitación de suelos en actividades mineras está conformado por un conjunto de leyes, decretos y resoluciones que establecen las bases legales para la protección, manejo y recuperación del medio ambiente. Estas disposiciones, que incluyen desde la Constitución Política de 1991 hasta reglamentaciones específicas como el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, definen las obligaciones tanto de los concesionarios mineros como de las autoridades ambientales para garantizar la implementación de planes de cierre y rehabilitación de áreas intervenidas por la minería. Asimismo, establecen los criterios técnicos para la evaluación y restauración de los suelos afectados, asegurando que los procesos mineros se desarrollen bajo principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental, con el fin último de minimizar los impactos negativos y promover la recuperación integral de los ecosistemas afectados.

- Constitución Política de Colombia de 1991, que considera, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente
- Decreto ley 2811 de 1974, código nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección al medio ambiente.
- Ley 23 de 1973, principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorga facultades al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales.
- Decreto 1532 de 2019, por medio del cual se modifica el decreto único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, en relación con las plantaciones forestales
- Decreto único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Decreto 376 de 2020 Por el cual se modifica la estructura de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).
- Decreto 1481 de 1996, establece la obtención de la licencia ambiental para la inscripción de los aportes en el registro minero nacional.

- Decreto 501 de 1995 reglamenta la inscripción en el registro minero de los títulos para la exploración y explotación de minerales de propiedad nacional.
- Decreto 1073 de 2015 "por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.
- Resolución 180876 de 2012, delegación de la función de fiscalización del Ministerio de Minas y Energía a la Agencia Nacional de Minería.

Tomando esta normativa relacionada con la rehabilitación de suelos en minería garantiza un conjunto de leyes y decretos que establecen obligaciones claras para los concesionarios mineros y las autoridades ambientales, llevando a garantizar planes de cierre y rehabilitación de áreas explotadas, asegurando que, al finalizar la actividad minera, los suelos sean restaurados a un estado adecuado. Este plan debe cumplir con las directrices establecidas y deben ser aprobados por la autoridad ambiental competente, Además de establecer los criterios y procedimientos para el análisis de calidad del suelo y su rehabilitación.

Adicionalmente esta normativa define los requisitos para los Planes de Manejo Ambiental (PMA) que incluyen estrategias específicas para la rehabilitación de suelos, además que compila y actualiza las normas ambientales relevantes, proporcionando un marco regulatorio integral para la gestión de los impactos ambientales de la minería, incluyendo la remediación de suelos afectados. Estas normativas buscan garantizar una gestión ambiental efectiva y sostenible en las actividades mineras, promoviendo la recuperación y restauración de los suelos para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente.

### **3. METODOLOGÍA**

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo con el propósito de Evaluar los procesos de rehabilitación de tierras y determinar las afectaciones ambientales generadas por una empresa minera en el departamento de La Guajira. Para ello, se utilizó información secundaria obtenida mediante entrevistas a expertos con amplia trayectoria en temas ambientales, apoyándose en el marco normativo vigente, lo cual permitió recopilar datos relevantes para el análisis de los impactos derivados de la actividad minera.

El estudio se centró en la evaluación de los impactos ambientales como base para medir el grado de afectación causado por los procesos mineros, y en la valoración de los índices de rehabilitación mediante la comparación entre las zonas intervenidas y aquellas que han sido restauradas. La motivación principal de este trabajo surge de las consecuencias observadas en las comunidades cercanas y en el territorio departamental en general. Para ello, se encuestó a 20 profesionales, representantes de 10 instituciones con alta influencia en el ámbito ambiental de la región, a partir de lo cual se obtuvieron los insumos necesarios para el análisis.

En cuanto al proceso de recolección de información, se revisaron evidencias concretas y se verificó el estado de avance de los procesos de rehabilitación en curso. Asimismo, se identificaron los impactos asociados a la producción minera y las acciones implementadas para garantizar una recuperación ambiental efectiva de los espacios intervenidos. El diseño de los instrumentos empleados se alineó con los objetivos específicos del estudio y con la experiencia técnica de los expertos consultados, lo que aporta rigurosidad, validez y profundidad al análisis realizado.

#### **3.1. Enfoque y alcance de la investigación**

La investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, orientado a comprender y evaluar de manera profunda los procesos de rehabilitación de tierras y las afectaciones ambientales ocasionadas por la actividad minera en el departamento de La Guajira. Este enfoque permite explorar las percepciones, experiencias y conocimientos de expertos en el ámbito ambiental, incluyendo un alcance descriptivo y analítico. Que permita conocer el estado y la efectividad de los procesos de rehabilitación mediante la comparación entre zonas intervenidas y zonas restauradas.

### 3.2. Población y muestra

#### 3.2.1. Definición de la población

La población objeto de estudio está conformada por profesionales y expertos vinculados a instituciones con competencias en el ámbito ambiental en el departamento de La Guajira. Estos actores poseen conocimientos técnicos y experiencia en procesos de evaluación ambiental, restauración ecológica y seguimiento a la actividad minera en la región.

#### 3.2.2. Cálculo y selección de la muestra

La muestra fue de tipo intencional no probabilística, seleccionada con base en criterios de experiencia, conocimiento especializado y vinculación institucional con temas ambientales en La Guajira. Se encuestaron 20 personas, representantes de 10 instituciones relevantes en la gestión ambiental del departamento. Esta muestra permitió obtener información valiosa y pertinente desde la perspectiva técnica y profesional, aportando así solidez al análisis cualitativo de los impactos ambientales y los procesos de rehabilitación desarrollados por la empresa minera en estudio.

### 3.3. Instrumento(s)

Se utilizó una herramienta para entrevistar a las personas que hacen parte del sistema ambiental en el departamento e involucrados en los procesos de gestión ambiental de la organización, y estuvo compuesta en las siguientes sesiones:

**Datos generales:** preguntas diseñadas para obtener la información del encuestado.

**Datos organizacionales:** en esta sesión se encontró las preguntas dirigidas a conocer el rol, experiencia, tipo empleado, organización, entre otros.

**Datos de la estructura actual y conocimiento de los procesos ambientales de rehabilitación de suelos:** preguntas dirigidas a conocer los estudios de impactos ambientales y daños causado en el departamento.

**Datos de evaluación de la organización:** Preguntas dirigidas a identificar las buenas prácticas de la organización en la gestión ambiental y rehabilitación de suelos, que permita a la empresa una mejor conocer la veracidad de sus procesos establecidos en el cuidado de los componentes ambientales y mejorar o fortalecer el desempeño.

**Entrevistas:** Conversaciones con personal idóneo y calificado que conozcan el proceso de rehabilitación y determine puntos de vista personales y técnicos.

**Herramienta informática de Microsoft Word y Excel.** Los programas de Word y Excel se utilizaron para digitar, procesar y organizar la información de campo y de oficina manipulada en el proceso de investigación.

### 3.4. Descripción de procedimientos

Para el proceso de la evaluación se tuvo en cuenta los resultados de los impactos ambientales realizadas al inicio del proceso de desmontaje de la capa vegetal, esto permitió determinar el nivel de impacto y alcance del suelo. También realizar un proceso de comparación de más de 20 años sobre la veracidad de los procesos de rehabilitación de suelos, así como la interacción de la fauna endémica de la zona.

Se tomó en cuenta el punto de vista de las instituciones ambientales rectoras en el departamento, estas organizaciones cuentan con un número de actividades que han permitido el crecimiento del sector ambiental como una manera de controlar y mitigar los impactos ambientales en el departamento, para esto se diseñó una encuesta que será atendida por un representante y permitirá extraer la información necesaria del proceso de rehabilitación de suelos y los impactos presentes. Este proceso se implementó a través de un proceso mixto que garantice la posibilidad de determinar la importancia de la rehabilitación posterior a los procesos de explotación.

Ilustración 1 descripción del procedimiento



**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5. Análisis de información

Cerrejón, una empresa de Glencore, es una de las operaciones mineras de exportación de carbón a cielo abierto más grandes del mundo. Cerrejón es un actor importante en la economía de Colombia y de La Guajira, departamento donde desarrolla su actividad productiva. han logrado Ser un productor y exportador de carbón referente a nivel mundial y un aliado clave para el progreso y desarrollo sostenible de La Guajira, Nuestra misión es producir y exportar carbón de manera eficiente, confiable y rentable mientras nos esforzamos por cumplir con los más altos estándares en seguridad, salud, medio ambiente y ética corporativa y contribuir al progreso de nuestra gente, nuestras comunidades vecinas y La Guajira. la recolección de datos en esta investigación es un proceso fundamental que implica la recopilación sistemática y ordenada de información relevante para responder a la pregunta de investigación y alcanzar los objetivos del propuestos mediante un proceso dinámico que requiere planificación cuidadosa, metodologías apropiadas y consideraciones éticas para garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados que se obtengan.

La recolección de datos se hizo a través de fuentes de información secundaria y entrevista, por tanto, contiene información ampliada de los resultados que expone la fuente primaria, así como información

de organismos rectores del tema ambiental en el departamento, se tomó análisis, una valoración, una traducción o algún contenido que nos relacione con la fuente primaria.

El contenido que se adquiere en una fuente secundaria hace referencia a un contenido, o contenidos, que han sido extraídos de una fuente primaria. Su objetivo, por tanto, es indicar la fuente o el lugar en el que podemos extraer la información de la fuente primaria.

### 3.5.1. Consultas Directas

- **Participantes:** Miembros del sistema ambiental del departamento, líderes y encargados de la empresa y autoridades tradicionales del área de influencia.
- **Metodología:** Entrevistas estructuradas y no estructuradas, consultas grupales e individuales.
- **Propósito:** Obtener percepciones y opiniones sobre la implementación de gestión de proyectos, identificación de necesidades y barreras en la creación del área.

#### **Documentos Institucionales:**

- **Fuentes:** Registros internos, documentos de políticas de la organización y procedimientos existentes.
- **Metodología:** Revisión documental.
- **Propósito:** Obtener información sobre la estructura organizativa, roles actuales, y documentos relacionados con la gestión de proyectos.

### 3.5.2. Datos Cuantitativos y Estadísticas

- **Fuentes:** Datos de rendimiento histórico, informes de actividades de rehabilitación de suelos.
- **Metodología:** Recopilación de informes y datos numéricos.
- **Propósito:** Evaluar la efectividad actual y los resultados de las actividades de rehabilitación.

### 3.5.3. Proceso de Recopilación

- **Planificación:** Definición de objetivos de la recolección de datos, diseño de métodos de recolección apropiados.
- **Implementación:** Realización de entrevistas y consultas, recopilación de documentos internos, recogida de datos cuantitativos.
- **Verificación:** Validación de la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos.
- **Análisis Preliminar:** Revisión inicial de los datos para identificar tendencias y patrones, por medio de la herramienta web se puede obtener estadísticas de las respuestas recibidas.

### 3.5.4. Proceso de Limpieza y Preparación

- **Eliminación de Datos Duplicados:** Revisión de documentos y datos para eliminar duplicados.
- **Corrección de Errores:** Verificación de errores tipográficos y de consistencia en los datos cuantitativos.
- **Codificación de Datos Cualitativos:** Organización de respuestas cualitativas en categorías para facilitar el análisis.

### 3.5.5. Categorización de Datos

- **Datos Cualitativos:** Opiniones y percepciones sobre la gestión de proyectos, barreras identificadas para la implementación y las necesidades específicas de formación o recursos.
- **Datos Cuantitativos:** Indicadores de desempeño históricos, números relacionados con el éxito de proyectos anteriores y las estadísticas sobre el uso de recursos y tiempos de desarrollo y ejecución.

### 3.5.6. Uso de los Datos

Los datos recolectados se utilizarán para:

- Identificar áreas de mejora y fortalecimiento en la gestión de proyectos que favorezcan la creación del área.

- Establecer recomendaciones específicas para implementar un área de gestión de proyectos efectiva.
- Fundamentar decisiones estratégicas y asignación de recursos.
- Informar a los stakeholders y líderes sobre el estado actual y las necesidades futuras la empresa.

### **3.5.7. Características de la fuente secundaria**

Entre las características principales que presenta una fuente secundaria cabe destacar:

- Es un documento basado en un documento original.
- Puede presentarse en distintos formatos.
- Recoge una información que es objeto de estudio.
- Esta información ha sido desarrollada por una persona, con base en una investigación original.

### **3.5.8. Estrategia de búsqueda**

Para garantizar que el presente proyecto de investigación recopile la literatura más relevante se estableció los siguientes parámetros de búsqueda encaminados a tener la mayor certeza y complejidad:

Como primera medida se identificaron los siguientes conceptos clave sobre los cuales se realizará la cadena de búsqueda:

- Minería
- Cerrejón
- Rehabilitación
- Suelos
- Impacto Ambiental

### 3.5.9. Identificación de las bases de datos

Las bases de datos seleccionadas para realizar la revisión sistemática de literatura para identificar los Proceso de Rehabilitación de Suelos en minería son las siguientes:

- Redalyc
- Google Académico
- Criterios de inclusión y exclusión:
- Criterios de inclusión:
- Relevancia del tema:
- Estudios que investiguen la aplicación de Proceso de Rehabilitación de Suelos en la minería.
- Tipos de estudio:
- Investigaciones que presenten resultados cuantitativos o cualitativos sobre los efectos observados después de la rehabilitación de suelos

### 3.5.10. Contenido del estudio

Estudios que examinan los Procesos de Rehabilitación de Suelos para la Determinación de Afectaciones Ambientales de una Empresa Minera

### 3.5.11. Idioma

Se incluirán estudios publicados en español e inglés con el fin de abarcar la mayor cantidad posible de literatura relevante.

- Criterios de exclusión:
- Irrelevancia del tema:
- Estudios que no estén directamente relacionados con la aplicación de rehabilitación de suelos.

Resúmenes de conferencias, opiniones de expertos, editoriales y revisiones narrativas que no proporcionen datos originales.

### **3.5.12. Codificación de datos**

Utilizando los instrumentos para la recolección de información para realizar el proceso de codificación de la información es Excel, que es una herramienta web, diseñada para recolectar información, la cual exporta los datos para procesarlos y permite diseñar matrices que pueden adaptarse a las necesidades específicas del proyecto. Se tuvo preguntas cerradas (opcionales, de selección única o múltiple) y abiertas para capturar respuestas cualitativas.

### **3.5.13. Recolección de Datos**

La recolección de datos se realizó a través de fuentes de información secundaria y entrevista, por tanto, contiene información ampliada de los resultados que expone la fuente primaria, Esto facilita la recolección de datos directamente con los participantes, se tomará análisis, una valoración, una traducción o algún contenido que nos relacione con la fuente primaria.

El contenido que se adquiere en una fuente secundaria hace referencia a un contenido, o contenidos, que han sido extraídos de una fuente primaria. Su objetivo, por tanto, es indicar la fuente o el lugar en el que podemos extraer la información de la fuente primaria.

### **3.5.14. Tratamiento de Datos**

Una vez que se recolectó los datos, se permite exportar en diferentes formatos (CSV, Excel, etc.), lo cual es útil para la evaluación. Los datos exportados pueden incluir tanto respuestas cuantitativas (números) como cualitativas (textos), además de presentar estadísticas basado en las respuestas.

### **3.5.15 Análisis Preliminar**

Los datos exportados pueden ser importados en software de análisis estadístico como SPSS o R para análisis cuantitativos más avanzados. Para datos cualitativos, las respuestas abiertas pueden ser categorizadas manualmente o utilizando herramientas de análisis textual.

### 3.5.16 Consideraciones Adicionales:

**Capacitación:** las personas participantes tienen conocimiento de la utilización de Excel y se asegura una recolección de datos eficiente y precisa.

**Seguridad de los Datos:** Excel ofrece opciones para proteger la privacidad y seguridad de los datos recolectados, asegurando el cumplimiento con regulaciones de protección de datos.

#### **Presentación de los hallazgos:**

Se organizó los hallazgos de manera clara y concisa, utilizando tablas, gráficos o diagramas según sea necesario.

Se presentó los resultados del análisis de datos de manera coherente con los objetivos de la revisión y responder a la pregunta de investigación planteada.

Para el análisis de los datos se empleó el software Excel con el fin de recopilar los datos de manera ordenada. A continuación, se definirán los pasos a tener en cuenta en el desarrollo de la investigación.

### 3.5.17 Hoja de extracción de datos fuente secundaria

Esta hoja incluye campos relevantes para la revisión, como título, autor/es, año de publicación, objetivo/s, metodología utilizada, resultados principales, conclusiones, entre otros.

**Tabla 1 Formato de tabla de clasificación de documentos.**

| <b>Título</b> | <b>Autor (es)</b> | <b>Año de publicación</b> | <b>Objetivo (s)</b> | <b>Metodología utilizada</b> | <b>Resultados principales</b> | <b>Conclusiones</b> |
|---------------|-------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|               |                   |                           |                     |                              |                               |                     |

**Fuente.** Elaboración propia.

### **3.5.18 Extracción de datos cualitativos**

**Cualitativos:** extraer citas relevantes, temas emergentes, y cualquier otro dato descriptivo o interpretativo que ayude a comprender los Procesos de Rehabilitación de Suelos para la Determinación de Afectaciones Ambientales

### **3.5.19 Categorización y clasificación de datos:**

Se agrupó los datos extraídos en categorías temáticas basadas en los objetivos de la revisión y los temas emergentes identificados durante la extracción de datos.

Se clasificó los datos según aspectos específicos de la implementación de los Procesos de Rehabilitación de Suelos para la Determinación de Afectaciones Ambientales, como tiempo, especies endémicas, diversificación de fauna entre otros.

### **3.5.20 Síntesis cualitativa**

Se realizó un análisis cualitativo de los datos para identificar patrones, tendencias, similitudes y diferencias entre los estudios incluidos.

### **3.5.21 Presentación de los hallazgos:**

Se organizaron los hallazgos de manera clara y concisa, utilizando tablas, gráficos o diagramas según sea necesario. Se presentarán los resultados del análisis de datos de manera coherente con los objetivos de la revisión y responder a la pregunta de investigación planteada.

**Ilustración 2** Proceso de análisis de datos del instrumento

|    | Organización a la que representa                           | ¿Su organización conoce los procesos establecidos de rehabilitación de tierras post retiro de capa vegetal y extracción de carbón en la extracción minera en el departamento de La Guajira? | ¿Las empresas de extracción minera han socializado estos procesos ante la entidad que usted representa? |
|----|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | COORPOGUAJIRA                                              | Los conozco todos                                                                                                                                                                           | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 2  | Universidad de La Guajira                                  | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 3  | Gobernación de La Guajira                                  | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 4  | Instituto de Estudios Ambientales (INEAM)                  | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 5  | Alcaldía de Albania                                        | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 6  | Asociación de Ingenieros del Medio Ambiental de La Guajira | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 7  | Empresa minera Cerrejón                                    | Los conozco todos                                                                                                                                                                           | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 8  | Comunidades indígenas                                      | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | No han socializado nada                                                                                 |
| 9  | Autoridades tradicionales                                  | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | No han socializado nada                                                                                 |
| 10 | Universidad de La Guajira                                  | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 11 | Gobernación de La Guajira                                  | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 12 | Autoridades tradicionales                                  | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | No han socializado nada                                                                                 |
| 13 | Autoridades tradicionales                                  | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | No han socializado nada                                                                                 |
| 14 | Autoridades tradicionales                                  | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | No han socializado nada                                                                                 |
| 15 | Gobernación de La Guajira                                  | No conozco ninguno                                                                                                                                                                          | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 16 | Empresa minera Cerrejón                                    | Los conozco todos                                                                                                                                                                           | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 17 | Empresa minera Cerrejón                                    | Los conozco todos                                                                                                                                                                           | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 18 | Empresa minera Cerrejón                                    | Los conozco todos                                                                                                                                                                           | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 19 | Universidad de La Guajira,                                 | Los conozco todos                                                                                                                                                                           | Si lo han socializado claramente                                                                        |
| 20 | Gobernación de La Guajira                                  | Solo conozco algunos                                                                                                                                                                        | Si lo han socializado claramente                                                                        |

**Fuente.** Elaboración propia.

**Tabla 2** Documentos relacionados con la Investigación

| Titulo                                                                                                        | Autor (es)                                                                                        | Año de publicación | Metodología utilizada | Conclusiones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caracterización Físico-Química Y Mineralógica De Suelos En Zona Carbonífera Del Cesar, Colombia               | Luis Carlos Díaz Muegue<br>Julio César Arranz González<br>Gustavo Peñuela Mesa                    | enero, 2013        | Cuantitativa          | Los estériles mineros estudiados son de color muy oscuro, lo que puede ir en detrimento de la colonización vegetal por su susceptibilidad al calentamiento excesivo.<br><br>Los bajos contenidos en azufre pirático de los carbones de la Jagua y, presumiblemente, en los estériles estudiados inducen a pensar que no son potencial mente generadores de acidez                                                                                                                                                                       |
| Análisis de deflexiones y asentamientos en excavaciones profundas a cielo abierto en suelos blandos de Bogotá | Rubby Vanesa Ballesteros Granados<br>Carlos Javier Sainea Vargas<br>Luis Alberto Cáceres Cárdenas | 2018               | Cuantitativa          | Las curvas de deflexiones vs profundidad presentan un comportamiento típico independiente de la magnitud de carga, espesor de elementos estructurales, secuencia de excavación y perfil de suelo; estas muestran una restricción horizontal en el nivel superior por la instalación de la losa de cubierta, alcanzan un valor máximo en el nivel de excavación 3 entre la instalación del puntal y la losa de vestíbulo y finalmente las deflexiones alcanzadas en general reducen por la instalación previa de columnas suelo cemento. |
| Propuesta de un procedimiento para la                                                                         | Yordanis Torres-Batista<br>Roberto Guillermo                                                      | 2018               | Cuantitativa          | El procedimiento propuesto constituye una herramienta metodológica que facilita a administrativos y trabajadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                          |                                                                                                                             |      |              |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| rehabilitación minera en explotaciones a cielo abierto                                                                   | Rodríguez-Córdova Clara Luz Reynaldo-Argüelles                                                                              |      |              | de las entidades mineras un sistema de indicadores que contribuye a incorporar a la rehabilitación minera no solo la dimensión ambiental, sino, además, las dimensiones económica y social.                                                                  |
| Modificación De Ambientes Lóticos Para La Extracción De Carbón A Cielo Abierto: Efectos Sobre La Biota Y Recomendaciones | Camilo Andrés Roa-Fuentes María Angélica Pérez-Mayorga                                                                      | 2017 | Cuantitativa | La literatura sugiere que las transformaciones de los ecosistemas acuáticos para la extracción de carbón afectarán de manera negativa las características físicas de los cauces y consecuentemente la estructura y función de la biota acuática.             |
| Cambios En Las Reservas De Carbono Orgánico Del Suelo Bajo Diferentes Coberturas                                         | José I. Bojórquez Serrano Lucía A. Castillo Pacheco Alberto Hernández Jiménez Juan D. García Paredes Alberto Madueño Molina | 2015 | Cuantitativa | Las coberturas estables de bosque y pastizal generan ganancias en las reservas de carbono orgánico del suelo; siendo el pastizal el que registra la mayor cantidad, seguido por el bosque de encino, el bosque de pino y finalmente la arboleda de aguacate. |

**Fuente.** Elaboración propia.

### 3.6 Consideraciones éticas

La ética de investigación en este contexto es fundamental para garantizar que el proceso de investigación y análisis de la rehabilitación de suelos se realicen de manera responsable y respetuosa. A continuación, se presentan algunas consideraciones éticas importantes para este estudio.

#### 3.6.1 análisis de consideraciones éticas

**Respeto a la Privacidad de los Participantes:** es crucial garantizar que se respete la privacidad de los individuos que participan en la investigación, especialmente cuando se llevan a cabo entrevistas o se recopilan datos sensibles relacionados con la seguridad de las personas y de la empresa se garantiza que se obtendrá consentimiento informado y asegurar la confidencialidad de la información recopilada.

**Responsabilidad Profesional:** los investigadores deben cumplir con los estándares éticos establecidos por las instituciones y organizaciones relevantes, así como seguir las pautas éticas y legales establecidas en el campo de minería.

**Equidad y Justicia:** es importante garantizar que todos los participantes sean tratados de manera justa y equitativa durante el estudio. Esto incluye la selección imparcial de los participantes y la consideración de las posibles implicaciones éticas de las decisiones tomadas durante el proceso de investigación y la implementación del marco de gestión de proyectos.

**Transparencia y Veracidad:** todos los aspectos del estudio, desde la recopilación de datos hasta el análisis y la presentación de resultados, deben realizarse con transparencia y veracidad. Esto implica proporcionar información clara y precisa sobre el propósito del estudio, los métodos utilizados y cualquier conflicto de intereses potencial.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1 Percepción y Conocimiento sobre los Procesos de Rehabilitación de Tierras: Una Mirada Desde las Comunidades, Organizaciones Sociales E Instituciones

Una vez obtenida la información por parte de los miembros líderes e interesados en la gestión ambiental y proceso de rehabilitación de tierras de la empresa minera en el departamento de La Guajira encontramos lo siguiente:

###### Sección 1: Información General

En este segmento se proporciona una visión general del perfil y la experiencia del personal participante, estas organización tienen una participación dentro del contexto ambiental del departamento y conocen o están relacionados con la rehabilitación de tierras, las mayores participaciones son de entidades como la Gobernación de La Guajira, Las Autoridades Tradicionales y La Empresa Minera Cerrejón, con un 20% cada una del total de los participantes, las demás organizaciones tienen una participación del 5% y por la cantidad de persona que dispusieron para atender la encuesta.

Gráfica 1 Organizaciones



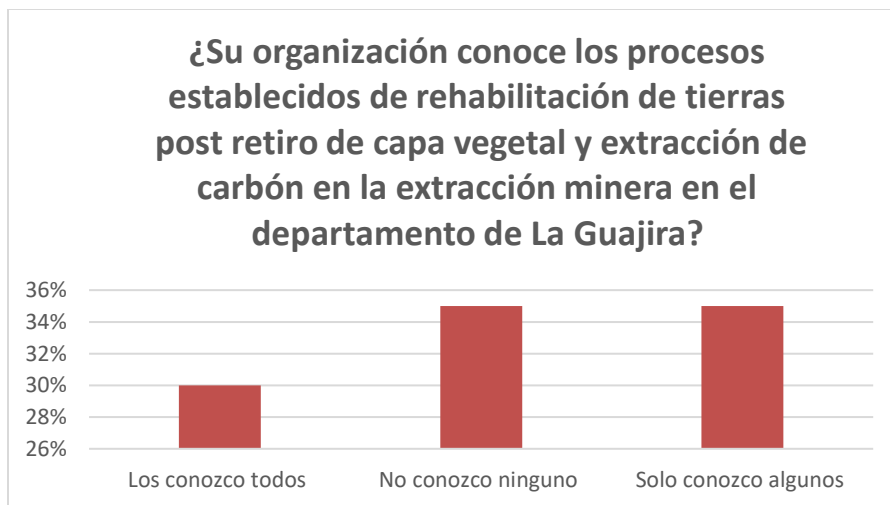
Fuente. Elaboración propia.

Dentro de los perfiles de participación, se contó con personal a nivel gerencial de las organización dispuesta, como los directores o miembros e junta de cada organización o personal que se encuentre

relacionado, de la misma manera la participación de los estudiantes del programa de ingeniería ambiental a través de diferentes grupos de investigación los cuales poseen un conociendo real de los procesos actuales, teniendo presente que desde el alma mater se generen procesos de acompañamiento y estudios a las áreas rehabilitadas e intercambio de conocimiento en los factores de fauna y flora.

De la misma manera se garantiza la participación y el conocimiento de la institucionalidad en el departamento de La Guajira, esto permite o infiere que el proceso es claro y conciso y determina una veracidad de la información que se establezcan canales de comunicación reales que determinan la particularidad y el paso a paso de cómo llevar un proceso de rehabilitación de suelos en La Guajira. Estas participaciones generan un encuentro real de conocimiento orientado hacia la rehabilitación de tierras que valida la importancia de este análisis garantizando si el proceso hoy en día tiene resultado positivo o a mejorar por parte de la empresa minera, de la misma forma, garantiza la posibilidad de tomar medidas correctivas hacia los procesos futuros tomando como referencia que es un proceso cíclico hasta terminar la explotación y cierre de la mina.

**Gráfica 2 Conocimiento de los procesos de rehabilitación**



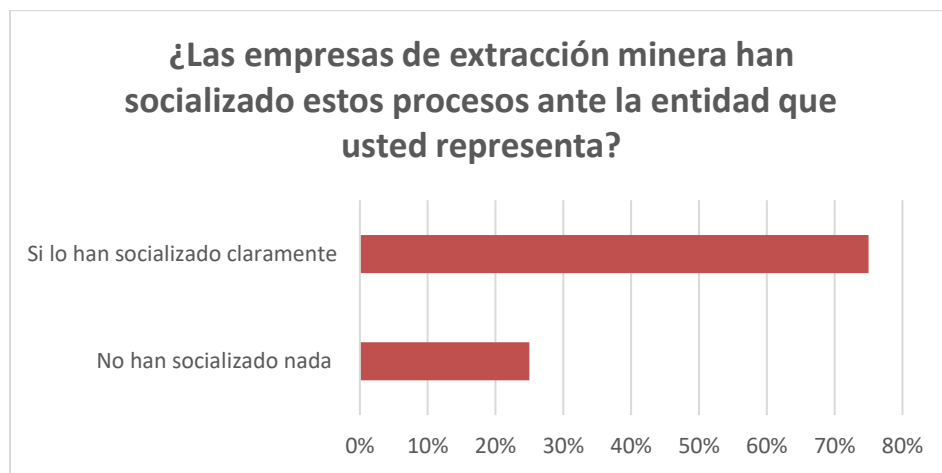
**Fuente.** Elaboración propia.

A través de este proceso se encuentra, que desde las empresas mineras en el departamento no existe el interés de una socialización de los procesos de rehabilitación de tierras, teniendo un 30% de solo organizaciones que conocen el proceso a cabalidad otro 35% solo conoce algunos pasos de este, los cuales están establecidos en 7 pasos estructurales que se encuentran garantizados y validados por las entidades gubernamentales y el Ministerio de Minas y Energía, las organizaciones que conocen del

proceso, es porque se han interesado en el tema y tiene una documentación clara que permite que un conocimiento previo.

Este resultado concuerda con el objetivo específico que garantiza el conocimiento de los procesos a la mayoría de las personas y organizaciones en el departamento, así mismo cabe resaltar que se da en el marco de una metodología clara definida y que ha sido construida en el transcurrir de los años y a la fecha tiene un proceso de 20 años comprobable dentro de las áreas rehabilitadas en la Mina, en general existe un conocimiento del 70 % del conocimiento actual de los procesos; cabe resaltar que las comunidades indígenas presentan un desconocimiento de los procesos sin embargo estos son beneficiarios dentro del área de influencia de la mina y deben por ley pasar en procesos de consulta previa para establecer los impactos ambiental negativos y sus forma de mitigación.

**Gráfica 3 Socializaciones de procesos**



**Fuente.** Elaboración propia.

Siguiendo el resultado existe una dificultad que se debe garantizar para la socialización de los procesos de extracción minera, a través de este resultado se debe impulsar a la empresa a la inversión de actividades para la socialización de los mismos, dentro de las estadísticas permite un 75% de la población conoce de estos procesos bajo un 25 % que expone que no conoce del proceso, sin embargo el grupo poblacional que no conoce estos procesos son las autoridades tradicionales y la comunidad en general, esto debido a la rivalidad que se presenta en las comunidades por los daños causados orientados al medio ambiente y que las comunidades indígenas vecinos del sector sufren de manera más arraigada , de la misma forma no existen canales de comunicación vigente que permita una socialización plena de las

actividades reconociendo la dificultad del idioma o de los problemas cognitivos de intercambio de comunicación.

A partir de los problemas específicos que se presentan relacionados al medio ambiente y las dificultades en todos los espacios y componentes ambientales la percepción sobre la efectividad del proceso es parcializada según las organizaciones del departamento de La Guajira, sin embargo un 55% consideran que los procesos de rehabilitación desarrollados por la empresa son efectivos, sin embargo, este resultado es dividido en 2 respuesta entre un 30 y un 25% respectivamente, en donde consideran de manera efectiva, y si pero de una manera no tan efectiva, indicando un poco más ellos consideran que aunque el proceso genere un cuidado al medio ambiente se siguen presentando problemas que arrojan a un daño y no garantizan un adecuado proceso de rehabilitación.

Como en las anteriores preguntas las personas que colindan con la mina son las principales no que no son validadoras de este proceso, estos exponen que ellos viven de manera palpable los daños que la mina causa como enfermedades respiratorias, disminución de las lluvias y la falta de espacio y fertilización del suelo.

Se identifica una forma de crecimiento en el proceso, estas organizaciones son observadores por años del paso a paso y el desarrollo de la rehabilitación, dando herramientas comunicativas que permiten exponencialmente los procesos de rehabilitación y que a la fecha sean visibles para las organizaciones.

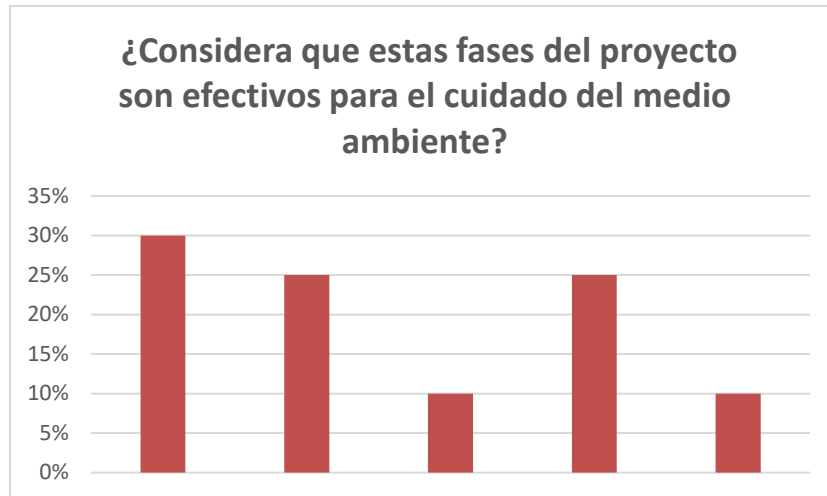
#### **4.2 Efectividad Técnica, Ambiental Y Social De Las Fases Del Proceso De Rehabilitación De Suelos En La Guajira según actores clave**

La rehabilitación de suelos emerge como una estrategia clave para mitigar los impactos negativos causados por la actividad extractiva. Sin embargo, la efectividad de dichos procesos no solo depende del cumplimiento técnico y normativo, sino también de la percepción y el conocimiento que tienen los actores sociales, comunidades indígenas e instituciones locales.

En el departamento de La Guajira, la actividad minera ha generado impactos significativos sobre los ecosistemas y las comunidades que habitan en su área de influencia. Frente a esta situación, los procesos de rehabilitación de suelos se presentan como una medida fundamental para restaurar los espacios degradados. No obstante, la eficacia de estas acciones no puede evaluarse únicamente desde una perspectiva técnica, sino también considerando la percepción y el nivel de conocimiento de los actores

sociales, institucionales y comunitarios que interactúan con el territorio. Esta investigación busca analizar el grado de efectividad que tiene el proceso de rehabilitación implementado por una empresa minera, desde una mirada integral que contempla factores ambientales, sociales y técnicos, con el propósito de generar aportes que fortalezcan la gestión ambiental en escenarios extractivos

**Gráfica 4 Efectividad de las fases del proyecto**

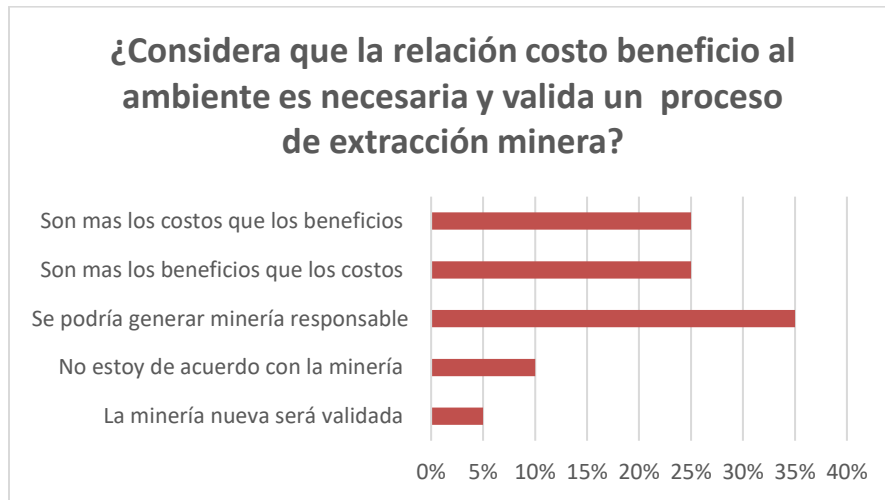


**Fuente.** Elaboración propia.

Efectivamente la mayoría concuerda con la efectividad y da cuenta que el suelo es un recurso natural que necesita de un largo periodo de tiempo para su formación, lo que hace que se le considere como un recurso natural no renovable. Ante esta situación se nos presentan dos alternativas: elaborar estrategias para su conservación o simplemente perder un recurso imprescindible.

Cuando un suelo alcanza su madurez está en equilibrio como se encontraba antes de la intervención con sus factores ambientales tienen unas condiciones adecuadas para una buena producción biológica. Si este equilibrio se rompe, la evolución natural se modifica y se desarrollan una serie de procesos que tienden a la disminución de la calidad del suelo y, por consiguiente, a su degradación.

**Gráfica 5** Importancia de la relación costo - beneficio al ambiente



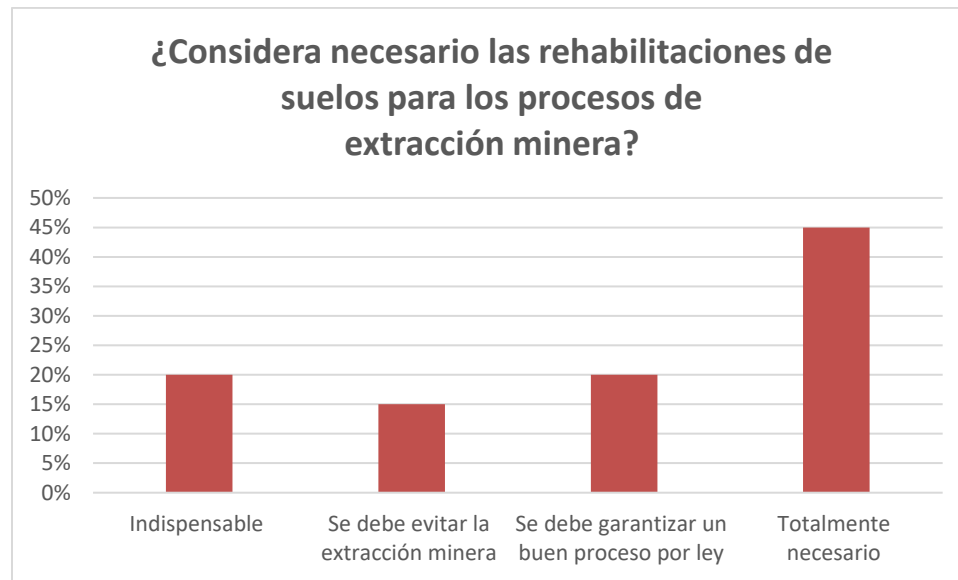
**Fuente.** Elaboración propia.

Es de cuidado hoy en día, con más de 30 años de explotación las comunidades tengan argumentos para estimar un juicio de valor y determinar el costo beneficio que exponga un proceso de extracción minera, de la misma manera se valora el punto de vista desarrollado que impulsa y permite dar ese juicio o apreciación desde un determinado puesto donde valida su posible afectación o beneficio del mismo.

En la actualidad la mayoría de los participantes exponen en un 35 % que se puede hacer minería responsable, argumentando que existen herramientas de mitigación, compensación, prevención que ayudan a resarcir el daño causado al ambiente, sin embargo la tendencia es que la mayoría de participantes validan la importancia de un proceso de extracción minera con mayores beneficios, con un total de 75%, como en las anterior preguntar la mayoría del participantes que no están de acuerdo con la minería que representa un 25% son aquellos que hacen parte de la comunidad y autoridades tradicionales

Las organizaciones concuerdan en un 100% que estos procesos generan unos impactos ambientales negativos que son inherentes a la actividad minera, como toda actividad económica del ser humano la minería de carbón genera impactos sobre el medio ambiente y dichos impactos deben ser evaluados identificando adecuadamente las afectaciones sobre los medios abióticos, biótico y socioeconómico ya que de acuerdo a su intensidad estas afectan en mayor o menor grado las poblaciones que habitan cerca de la zona.

**Gráfica 6 Necesidad de la rehabilitación de suelos**



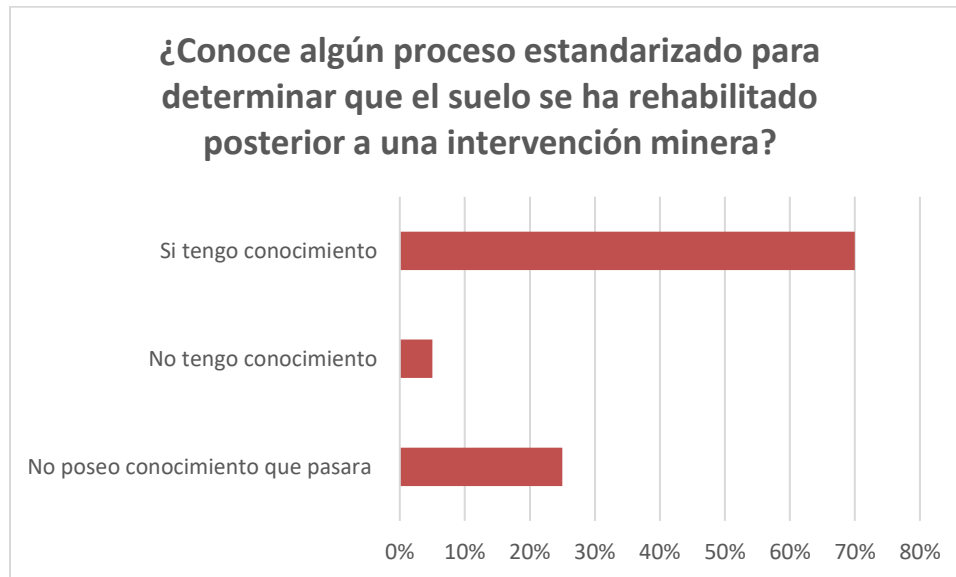
**Fuente.** Elaboración propia.

El principal recurso natural afectado por la minería de carbón es el hídrico, la alteración sobre el recurso va desde la contaminación por sedimentos, cambio o alteración del curso natural de las fuentes hídricas, erosión por pérdida de los acuíferos, problemas ambientales que en la actualidad generan múltiples dificultades para las poblaciones que habitan cerca. La escasez de agua potable, es el más claro ejemplo del flagelo que viven las comunidades que habitan cerca de las explotaciones de carbón, hoy esto se puede observar en el departamento, las comunidades wayuu sufren la escasez y pérdida de este vital líquido, lo que ha generado problemas de salud, subsistencia y afectaciones en la economía de las comunidades que piden prontas soluciones a su calidad de vida y a la calidad del ambiente en el que habitan.

Existe un gran porcentaje de participantes que consideran necesarios establecer procesos de rehabilitación de suelos de manera necesaria e indispensable, esto puede ser la mejor forma de mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales generados por la minería de carbón y puede ser medible a través de evaluaciones de impacto ambientales y un proceso socializado para la rehabilitación de los suelos, bajo la cual las empresas podrán minimizar los costos ambientales y minimizar los impactos hacia la sociedad, en la actualidad es cada vez más importante que las empresas gestionen las evaluaciones ambientales dentro de sus políticas, planes, programas y proyectos, además de involucrar los actores ambientales y las comunidades en la toma de decisiones competentes al diseño y ejecución de proyectos

que pueden afectar el medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades, con el objetivo de que se logren minimizar los impactos generados por la explotación de carbón.

**Gráfica 7** Conocimiento de los procesos estandarizados para la rehabilitación de suelos



**Fuente.** Elaboración propia.

Dentro de esta respuesta, para conocer los procesos estandarizados de la empresa se da en 7 fases, que engloban un verdadero proceso de rehabilitación de suelos, los participantes reconocen en su mayoría este proceso en un 80% sin embargo no detallan el paso a paso ni la secuencialidad del mismo. Las personas reconocen como áreas de suelo rehabilitadas aquellas que la empresa ha demostrado y han estado abiertas a estudios que valida la importancia del proceso de rehabilitación de suelos.

Las comunidades indígenas que colindan con la mina son aquellas que no tiene una certeza actual de los procesos de rehabilitación, dado que su unión con el medio ambiente va más allá del tema técnico, sino que entra en procesos antropológicos y de cosmovisión wayuu que garantiza la unión de las familias y el aprovechamiento de los componentes bióticos y abióticos.

Así mismo se emite soportes técnicos y que han sido corroborados por organismos de control, entidades ambientales y organismos gubernamentales que valían la posibilidad de que el proceso estandarizado que posee Cerrejón es eficiente y verdadero posterior a la intervención minera, esto valida parte del objeto general del proyecto de analizar de para determinar los procesos extractivos y de recuperación en la explotación minera.

Se determina que la empresa minera del departamento de La Guajira posee un proceso robusto que es conocido por las organizaciones ambientales y que es desarrollado y comprobado a través de veedurías ciudadanas y órganos de control para garantizar su adecuado uso y manejo, como análisis de este proceso, cuentan con buenas prácticas en el departamento que permiten un manejo de los suelos y tener espacios rehabilitados.

#### **4.3 Limitaciones y Desafíos en la Socialización y Monitoreo de los Procesos de Rehabilitación de Tierras en Contextos Mineros**

La gestión ambiental y los procesos de rehabilitación de suelo de la empresa minera Cerrejón puede mejorar significativamente la capacidad de la organización para alcanzar sus objetivos y gestionar sus procesos de manera efectiva. La clave está en adaptar las necesidades específicas de la organización y fomentar una cultura de gestión ambiental mejorando la eficiencia y la eficacia en todo el proceso de tal manera que técnicamente se logre ver un resultado con las siguientes recomendaciones:

##### ***4.3.1 Desarrollo de una Metodología de información y de veeduría para el cumplimiento de los procesos de rehabilitación de suelos:***

Establecer Directrices Claras: Implementar una metodología que permita determinar un paso que incluya procesos estandarizados para la planificación, ejecución, y monitoreo de procesos de rehabilitación. Estas directrices deben adaptarse a las características y necesidades específicas de la empresa con las personas que colindan y se encuentran en el área de influencia, garantizando que todos los procesos se gestionen de manera coherente y efectiva.

Integrar Herramientas de Gestión: Incorporar herramientas digitales como KoboToolbox para la recolección de evidencias y gestión de datos, asegurando que todos los miembros del equipo conozcan de los procesos y establezcan una comunicación bidireccional.

Fortalecimiento de la Capacitación del Personal: Capacitación en procesos de gestión de las rehabilitaciones de suelos: Ofrecer formación continua en gestión ambiental para el personal, enfocándose en las metodologías y herramientas que se implementarán. Esto incluye talleres y cursos sobre planificación y comportamiento de la fauna y la flora, así como técnicas de seguimiento y evaluación.

#### ***4.3.2 Optimización de la Recolección y Análisis de Datos:***

Mejorar la Codificación de Datos: Asegurarse de que los datos recolectados a través de KoboToolbox sean codificados y analizados de manera eficiente, así como compartido y socializado con las entidades y comunidad alrededor, Esto incluye la utilización de software de análisis estadístico como SPSS o R para análisis cuantitativos más avanzados, y herramientas de análisis textual para datos cualitativos.

De la misma manera estos datos deben ser comprobables para determinar procesos de efectividad dentro de la mina y establecer una etapa de cierre optima que garantice los procesos ambientales y la capacidad de establecer las mejores estrategias posterior a la extracción minera.

#### ***4.3.3 Implementación de una Estructura Organizacional Adecuada y proceso estandarizado***

Diseño de la Estructura Organizacional: Desarrollar una estructura organizacional que garantice la implementación de los procesos de rehabilitación, así como un equipo social que articule de manera general con las comunidades y entidades rectores ambientales del departamento y de excelentes procesos en la rehabilitación de tierras, esto garantiza gestión del área ambiental. Esto debe incluir roles y responsabilidades claramente definidos, así como procesos de comunicación y coordinación efectivos entre los diferentes niveles operativos de explotación y rehabilitación.

#### ***4.3.4 Monitoreo y Evaluación Continua:***

Establecer Indicadores de Desempeño: Definir indicadores clave de desempeño (KPIs) para evaluar la efectividad de la implementación del área de gestión ambiental. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras continuas basadas en datos objetivos y procesos al ecosistema.

Realizar Evaluaciones Periódicas: Implementar un sistema de monitoreo y evaluación regular para revisar el progreso de la rehabilitación de suelos y verificar la efectividad de la metodología aplicada. Ajustar las estrategias según los resultados y retroalimentación obtenida.

***4.3.5 Fomentar la Participación y la Comunicación:***

Promover la Colaboración Interna: Fomentar una cultura de colaboración y comunicación abierta entre los miembros del departamento. La participación del personal idóneo que representan las organizaciones en el proceso de gestión ambiental que contribuirá al éxito de la implementación en campo.

Recoger Retroalimentación: Establecer mecanismos para recoger y analizar la retroalimentación del personal y entidades como este estudio, así como de los beneficiarios vecinos de la mina, utilizando esta información para mejorar continuamente las prácticas y procesos.

Estas recomendaciones están diseñadas para asegurar una implementación efectiva en los procesos de rehabilitación de suelos como un análisis posterior a los procesos de extracción minera en el departamento, promoviendo la eficiencia, la transparencia y el impacto positivo en la comunidad que sirve.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que, si bien existen procesos de rehabilitación de suelos implementados por la empresa minera en La Guajira, la efectividad de estos procesos depende no solo de factores técnicos, sino también del conocimiento y la percepción de los actores sociales, comunidades indígenas e instituciones locales. Esto contrasta parcialmente con el marco teórico, donde se enfatiza principalmente la dimensión técnica y ecológica de la rehabilitación de suelos. Por ejemplo, Miller (1990) y Murcia (2007) destacan que los suelos mineros presentan riesgos físicos, químicos y biológicos que deben ser tratados para permitir la estabilización y eventual colonización biológica.

Según Izquierdo et al. (2005), la remoción de la cubierta vegetal y la pérdida de materia orgánica incrementan los riesgos de erosión, afectando directamente la productividad y la estabilidad ecológica del suelo. Los resultados de esta investigación confirman estos efectos, pues las comunidades observan impactos visibles sobre los recursos hídricos y la fertilidad del suelo, lo que coincide con los antecedentes teóricos sobre la vulnerabilidad de los suelos mineros. Sin embargo, el marco teórico no aborda con suficiente profundidad los aspectos de participación comunitaria y comunicación efectiva, los cuales emergen como factores críticos en la percepción de efectividad del proceso (Rúales, 2022).

Asimismo, el marco conceptual del ecosistema planteado por Bolisetti (2020) subraya la interdependencia de especies y procesos bióticos y abióticos, lo cual se refleja en los resultados a través de la preocupación de las comunidades sobre la pérdida de biodiversidad y los impactos en los recursos hídricos. Esto demuestra que, aunque la teoría proporciona un fundamento técnico sólido, la realidad local introduce factores sociales, culturales y comunicativos que condicionan la efectividad de la rehabilitación.

Es necesario integrar estrategias de gestión ambiental que incluyan capacitación, participación comunitaria, herramientas tecnológicas de monitoreo y mecanismos de comunicación, para garantizar la efectividad integral de los procesos. Este hallazgo refuerza la necesidad de articular los conocimientos técnicos con la percepción social, en línea con las obligaciones de supervisión del Sistema Nacional Ambiental (Rúales, 2022) y los lineamientos internacionales sobre restauración de suelos degradados (Murcia, 2007; Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, 2018).

## 6. CONCLUSIONES

La investigación sobre la evaluación del Proceso de Rehabilitación de Suelos para la Determinación de Afectaciones Ambientales de una Empresa Minera en La Guajira, ha proporcionado una visión detallada y estructurada sobre los elementos esenciales para lograr una integración efectiva, esta área en la organización ha permitido explorar en profundidad la situación actual ambiental, los factores organizacionales que conlleven a un buen proceso de rehabilitación de suelos y las directrices necesarias para la implementación efectiva del área ambiental.

El análisis cuantitativo llevado a cabo ha permitido identificar varios factores críticos para la implementación exitosa de la rehabilitación de suelos. En primer lugar, el estudio organizacional reveló una necesidad significativa de formalizar la metodología clara y concisa que garantice que estos procesos son llevado a cabo con la mayor precisión, garantizando la efectiva del paso a paso para mejorar el medio ambiente, En segundo lugar, la identificación de estilos de modelos comunicacionales adecuados para una empresa minera, con la necesidad de adaptar las estrategias de gestión a las características específicas de su objeto, Finalmente, la propuesta de un plan que oriente a estandarizar los procesos de rehabilitación pretende establecer un marco coherente para la planificación, ejecución y seguimiento de iniciativas y rehabilitación del suelos.

Los hallazgos del estudio subrayan la importancia de adoptar una metodología de gestión ambiental estructurada y adaptada a las necesidades específicas de esta empresa minera, así como una estructura organizacional que también contribuirá al sostenimiento y crecimiento de los procesos internos que determine los impactos causados por no tener una rehabilitación de tierras. La identificación de factores organizacionales clave, como la necesidad de capacitación con la operación y la comunicación con entidades y comunidad para la adaptación a un modelo de gestión flexible y participativo, marca la relevancia de estos elementos para el fortalecimiento institucional y el logro de los objetivos proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas.

La propuesta para implementar estrategias y conocer la finalidad de los procesos de rehabilitación de tierras de la empresa minera tiene implicaciones prácticas significativas. La integración de una metodología formalizada mejorará la eficiencia y eficacia en la estandarización de los procesos, optimizando recursos y maximizando el impacto de las iniciativas. La estructura de evaluación propuesta con participación de entidades privadas y gubernamentales ofrecerá una base sólida para la planificación,

ejecución y evaluación de estrategias, contribuyendo al sostenimiento y crecimiento de la organización en un entorno desafiante hacia identificar los impactos en el proceso de rehabilitación.

El estudio ha sido limitado por la disponibilidad de datos y la capacidad de acceder a toda la información relevante debido a la naturaleza y el contexto de la organización. Además, las entrevistas y la recolección de datos cualitativos pueden haber estado sujetas a sesgos individuales, además, de la dependencia de herramientas tecnológicas para la recolección y análisis de datos, que podrían afectar la calidad y precisión de la información. La familiaridad del personal con KoboToolbox y la capacitación en su uso son cruciales para mitigar estos riesgos. Además, la naturaleza cualitativa de la investigación puede limitar la generalización de los hallazgos a otras organizaciones mineras similares.

En conclusión, la investigación ha proporcionado una visión integral sobre los factores necesarios para implementar eficazmente un área de gestión ambiental que determine los posibles impactos en los procesos de rehabilitación de suelos. La información obtenida y las recomendaciones formuladas ofrecerán una guía valiosa para la mejora continua en determinar los procesos técnicos y estandarizados contribuyendo significativamente al crecimiento y sostenibilidad de los procesos mineros fortaleciendo su impacto en la comunidad. La implementación exitosa de estas recomendaciones podría marcar un hito significativo en el fortalecimiento y desarrollo de la minería a nivel mundial.

## 7. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos y de la evaluación realizada, se recomienda fortalecer los procesos de socialización y comunicación entre la empresa minera, las autoridades ambientales y las comunidades aledañas. Es fundamental garantizar que todos los actores involucrados, especialmente las comunidades indígenas y las autoridades tradicionales, accedan a información clara, comprensible y culturalmente adecuada sobre los procesos de rehabilitación de tierras. Esto incluye traducir los materiales informativos a la lengua wayuunaiki y diseñar estrategias pedagógicas que respeten su cosmovisión, de manera que puedan comprender, participar y validar activamente las acciones que se ejecutan en su territorio.

Asimismo, se sugiere implementar una metodología estandarizada y participativa para el seguimiento y evaluación de los procesos de rehabilitación, integrando tanto indicadores técnicos como percepciones comunitarias. La creación de veedurías ciudadanas y comités de seguimiento, conformados por representantes de las comunidades, instituciones educativas, ONG y entes gubernamentales, permitiría generar confianza, aumentar la transparencia y asegurar el cumplimiento de los compromisos ambientales asumidos por la empresa.

Es necesario también que la empresa fortalezca los mecanismos de capacitación y formación técnica, no solo para su personal, sino para líderes comunitarios, estudiantes y actores sociales interesados en los temas ambientales. La generación de capacidades locales contribuirá a que las comunidades se empoderen en la defensa de sus recursos y participen de manera más efectiva en la planificación y ejecución de procesos de restauración ecológica. En este sentido, se sugiere establecer alianzas estratégicas con universidades, centros de investigación y organizaciones ambientales del territorio.

Se sugiere realizar estudios adicionales que incluyan la evaluación de la implementación de las propuestas en la práctica, así como el análisis de los resultados y el impacto de materia técnica en el campo con nuevas estructuras y áreas rehabilitadas y metodologías determinadas desde el campo ecológico que genere conteos forestales o caracterización de los perfiles del suelo. Además, investigar sobre las mejores prácticas para una etapa de cierre de los procesos mineros, También sería beneficioso explorar otras herramientas tecnológicas y metodologías de análisis para mejorar la eficiencia y precisión en la recolección y análisis de datos.

Finalmente, se recomienda adoptar un enfoque de gestión ambiental adaptativa, que permita revisar y ajustar periódicamente los planes de rehabilitación de tierras en función de los resultados obtenidos, las nuevas evidencias científicas y los cambios en el entorno social y ecológico. Esto incluye incorporar tecnologías y metodologías innovadoras que garanticen una mayor efectividad en la recuperación de los ecosistemas, así como asegurar que el proceso de cierre y postcierre minero se realice bajo criterios de sostenibilidad, justicia ambiental y responsabilidad social.

### Referencias

- Alexis Montes De Oca-Risco, M. U.-C. (2013). Recuperación De Áreas Dañadas Por La Minería En La Cantera Los Guaos, Santiago De Cuba, Cuba.
- Bolisetti, C. a. (2020). Numerical investigations of structure-soil-structure interaction in buildings. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-28132022000100059&script=sci\\_arttext#B5](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-28132022000100059&script=sci_arttext#B5)
- Cerrejón. (2022). Proceso de rehabilitación de tierras de Cerrejón, caso de éxito de restauración ecológica en el país.
- Congreso de la república (1991), Constitución Política de Colombia que considera, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.
- Congreso de la República (1973), Ley 23 de 1973, principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorga facultades al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales.
- Dayanna Oliveros, I. M. (2017). Caracterización y restauración ecológica de suelos en minería de carbón a cielo abierto: antecedentes, técnicas actuales y búsqueda de nuevas técnicas para su tratamiento. Valledupar: Revista Agunkuyâa.
- Diaz, L. C. (2017). Remediación De Suelos Alterados Por Actividad De Minería Del Carbón A Cielo Abierto, Mediante Aplicación De Biochar Procedente De Residuos Biomásicos De La Palma De Aceite En La Zona Carbonífera Del Departamento Del Cesar.

Distancia, U. N. (2006). Energía y Desarrollo Sostenible. Obtenido de

<https://www2.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/mapa.htm>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2024). Obtenido de

<http://www.ideam.gov.co/web/siac/suelo#:~:text=E1%20suelo%20es%20un%20compone nte,la%20sociedad%20y%20el%20planeta.>

Izquierdo, I. F. (2005). Use of microbiological indicators for evaluating success in soil restoration after revegetation of a mining area under subtropical conditions.

Liu, Z. C. (2014). Efectos de la enmienda de biocarbón en los rendimientos de colza y boniato y en el agregado estable al agua en suelos rojos de montaña. Catena.

Miller, W. &. (1990). Usos actuales y potenciales de las plantas actinorrizógenas en Europa. En: Biología de Frankia y plantas actinorrizógenas. San Diego: Academic Press.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015.

Murcia, F. J. (2007). Assessment of mining soil improvement after construction and demolition wastes amendment additions evaluated by microbiological analysis.

Núñez, S. (2020). Ecología Verde. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/recursos-no-renovables-que-son-y-ejemplos-3088.html#:~:text=Como%20ya%20dec%C3%ADamos%2C%20los%20recursos,hace%20ser%20energ%C3%ADas%20no%20renovables>

Presidencia de la República (1974), Decreto ley 2811 de 1974, código nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección al medio ambiente.

Presidencia de la República (2049), decreto 1532 de 2019, por medio del cual se modifica el decreto único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, en relación con las plantaciones forestales.

Presidencia de la República (2015) Decreto único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Presidencia de la República (2020) decreto 376 de 2020 Por el cual se modifica la estructura de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Presidencia de la República (1996) decreto 1481 de 1996, establece la obtención de la licencia ambiental para la inscripción de los aportes en el registro minero nacional.

República, B. D. (2009). Mina de carbón El Cerrejón. Obtenido de <https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/hernandez/id/855/#:~:text=El%20Cerrej%C3%B3n%20es%20un%20yacimiento,aproximadamente%2069.000%20hect%C3%A1reas%20de%20extensi%C3%B3n>

Rúales, o. (2022). Estudio de caso: las minas de carbón a cielo abierto de la loma – pribbenow (lam0027) y el descanso (lam3271). Bogotá dc.

Shrestha, R. &. (2006). Cálculo del balance de carbono en el ecosistema y secuestro de carbono en el suelo de una mina recuperada. Environ.

Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. (2018). Técnicas biológicas de recuperación de suelos. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.secs.com.es/calendario/2018.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.secs.com.es/calendario/2018.pdf)

Villalobos, A. (2022). Evolución De La Máquina De Vapor Del Siglo Xix, Hasta El Día De Hoy.

La Máquina Inicio de un Cambio, 6.

Villareal, A. T. (2005). La Jornada Ecológica. Obtenido de

<https://ecologica.jornada.com.mx/2021/02/12/impactos-en-la-salud-y-el-ambiente-por-la-extraccion-y-el-uso-del-carbon-5026.html>

## Anexos

### Anexo 1. Cuestionario Sobre La Gestión Ambiental En Los Procesos De Rehabilitación De Tierras De La Empresa Cerrejón En El Departamento De La Guajira

Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas de manera honesta. Su opinión es muy valiosa para evaluar los procesos de rehabilitaciones suelos.

#### Sección 1: Información General

1. ¿Organización a la que representa?
  - Autónoma Regional De La Guajira (COORPOGUAJIRA),
  - La Universidad de La Guajira,
  - Gobernación de La Guajira,
  - Instituto de Estudios Ambientales (INEAM),
  - Alcaldía de Albania,
  - Asociación de Ingenieros del Medios Ambiental de La Guajira.
  - Empresa minera Cerrejón
  - Comunidad en general
  - Autoridad tradicional
  - otro: \_\_\_\_\_

2. ¿qué cargo ocupa dentro de su organización?

- Director
- Director De Asuntos Comunitarios
- Docente
- Profesional Especializado
- Director
- Miembro De Junta
- Autoridad Tradicional
- Líder De La Comunidad
- Director De Procesos

3. ¿Cuánto tiempo lleva en la organización que representa?

- Menos de 1 año
- 1-3 años
- 4-6 años
- Más de 6 años

Sección 2: Participación en Procesos de rehabilitación

4. ¿Su organización conoce los procesos establecidos de rehabilitación de tierras post retiro de capa vegetal y extracción de carbón en la extracción minera en el departamento de La Guajira?

- Los conozco todos
- Solo conozco algunos
- Identificación de ecosistema a intervenir
- Separación temporal y preservación (fauna, flora, suelos)
- Minería
- Adecuación de tierras
- Estabilización
- Revegetación
- Monitoreo y proceso
- No conozco el proceso de rehabilitación
- No conozco ninguno

5. ¿Las empresas de extracción minera han socializado estos procesos ante la entidad que usted representa?

- Si lo han socializado claramente
- Si lo han socializo, pero sin profundidad
- No han socializado nada

- No existe relación entre la empresa y la entidad que usted representa
- Sí, de la siguiente manera: \_\_\_\_\_

6. ¿Considera que estas fases del proyecto son efectivos para el cuidado del medio ambiente?

- Si de manera efectiva
- Si de manera no tan efectiva
- No es efectivo para el medio ambiente
- Los daños causados son mayores
- No estoy de acuerdo con este proceso de rehabilitación

7. ¿Considera que la relación costo beneficio al ambiente es necesaria y valida un proceso de extracción minera?

- Se podría generar minería responsable
- Son más los costos que los beneficios
- Son más los beneficios que los costos
- No estoy de acuerdo con la minería
- La minería nueva será validada

8. ¿Considera necesario las rehabilitaciones de suelos para los procesos de extracción minera?

- Totalmente necesario
- Innecesario
- Indispensable
- Se debe garantizar un buen proceso por ley
- Se debe evitar la extracción minera

9. ¿Conoce algún proceso estandarizado para determinar que el suelo se ha rehabilitado posterior a una intervención minera?

- Si tengo conocimiento
- No tengo conocimiento
- Tengo conocimiento que pasara al final
- No poseo conocimiento que pasara.