

# Planificación y legislación ambiental en la minería artesanal: el caso de una mina de arcilla en Colombia

Planning and Environmental Legislation in Artisanal Mining: The Case of a Clay Mine in Colombia

Danny Daniel López Juvinao<sup>1</sup>  
Laura Vanessa Alvarado Villegas<sup>2</sup>  
Dayely Alexandra Oñate Mosquera<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero en minas, Dr. en Ciencias Gerenciales, Universidad de La Guajira.  
Email: dlopezj@uniguajira.edu.co

<sup>2</sup>Ingeniera Ambiental, Universidad de La Guajira.  
Email: lvalvarado@uniguajira.edu.co

<sup>3</sup>Ingeniera Ambiental, Universidad de La Guajira.  
Email: dmosquera@uniguajira.edu.co

 OPEN ACCESS



## Copyright:

©2022. La revista *Ingenierías USBmed* proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la licencia creative commons Atribución no comercial SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

**Tipo de artículo:** Investigación.

**Recibido:** 11-03-2020.

**Revisado:** 12-10-2020.

**Aprobado:** 08-03-2021.

**Doi:** 10.21500/20275846.4605

## Referenciar así:

D. D. López Juviano, L. V. Alvarado Villegas y D. A. Oñate Mosquera, "Planificación y legislación ambiental en la minería artesanal: el caso de una mina de arcilla en Colombia," *Ingenierías USBMed*, vol. 13, n.º 2, pp. 25–34, 2022.

## Disponibilidad de datos:

todos los datos relevantes están dentro del artículo, así como los archivos de soporte de información.

## Conflicto de intereses:

los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

**Editor:** Andrés Felipe Hernández.  
Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.

**Resumen.** En el presente estudio se intervinieron los procesos mineros y el cumplimiento de la legislación ambiental en la mina de arcilla Wajira S.A.S. con el objetivo de diseñar un sistema de planificación ambiental para el mejoramiento de las condiciones actuales y futuras de la cantera. Para ello se escogió la metodología de planificación estratégica situacional aplicada al factor ambiental que permitió trabajar en cuatro (4) momentos: en el M1 (explicativo) se realizó el diagnóstico de los problemas ambientales y jerarquización de impactos ambientales; en el M2 (legislación) se recopilaron las normativas ambientales vigentes en Colombia aplicables a la actividad de la mina Wajira S.A.S.; en el M3 (estratégico) se formuló los Planes de Manejo Ambiental (PMA), y por último, en el M4 (táctico-operacional), se formuló el seguimiento y control de los planes de manejo. Los resultados arrojaron un diagnóstico ambiental de la situación actual de la cantera sobre la severidad de intervención de algunos componentes ambientales donde el suelo es el componente más afectado seguido de la vegetación; en efecto, se diseñó un sistema de planificación ambiental para mejorar los procesos mineros de la cantera y se identificaron normativas ambientales aplicables a este tipo de minería artesanal.

**Palabras Clave.** Planificación ambiental, legislación ambiental, planificación estratégica situacional, minería de arcilla, impactos ambientales.

**Abstract.** In the present study, the mining processes and the compliance with the environmental legislation in the Wajira S.A.S. clay mine were intervened, with the objective of designing an environmental planning system for the improvement of the current and future conditions of the quarry. For this, the methodology of situational strategic planning applied to the environmental factor was chosen, which allowed working in four (4) moments: in the M1 (Explanatory), the diagnosis of the environmental problems and hierarchy of environmental impacts was made, in the M2 (legislation) the environmental regulations in force in Colombia applicable to the activity of the Wajira S.A.S. mine were compiled, In the M3 (Strategic) the Environmental Management Plans (PMA) were formulated and finally, in the M4 (Tactical-operational), the follow-up and control of the management plans were formulated. The results showed an environmental diagnosis of the current situation of the quarry, on the severity of intervention of some environmental components, where the soil, is the most affected component followed by the vegetation; in effect, an environmental planning system was designed to improve the mining processes of the quarry and environmental regulations applicable to this type of artisanal mining were identified.

**Keywords.** Environmental Planning, Environmental Legislation, Situational Strategic Planning, Clay Mining, Environmental Impacts.

## I. Introducción

El cierre y abandono de las minas genera graves impactos negativos, principalmente en las comunidades que dependen socioeconómicamente de la industria minera [1], [2]. Además, produce preocupaciones sobre la gestión del medio ambiente, el desempleo y la sostenibilidad de los servicios sociales y el desarrollo económico [3]. Por lo tanto, la planificación e implementación del cierre de la mina debe integrarse con el ciclo de vida de la minería desde las primeras etapas del proyecto, debido a que muchas minas sufren un cierre imprevisto y no planificado debido a presiones sociales, económicas y ambientales [4], [5].

A nivel internacional, existe una expectativa bien establecida por parte de la industria minera de que la planificación ambiental en las minas debe ser un elemento inherente a todo el ciclo de vida de un proyecto minero en cada una de sus etapas: implementación, desmantelamiento, rehabilitación final y cierre [6]. La planificación del cierre de la mina debe ser proactiva, comenzar temprano, y que la planificación en curso se vuelva progresivamente más detallada a medida que se acerca el final del ciclo de vida de una operación minera; esto refleja los principios para la mitigación y la gestión ambiental en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA); por ejemplo, se establecen vínculos explícitos entre la EIA y la planificación del cierre de la mina [5], [7], [8], destacando la importancia de identificar y evaluar los impactos ambientales y sociales de la minería centrándose en gran medida en los factores biofísicos, sociales y económicos junto con la implementación de medidas apropiadas de mitigación, gestión, monitoreo y control para desarrollar la EIA para un proyecto minero propuesto.

En Colombia, la minería afecta al medio ambiente de diferentes formas: la primera, es la contaminación y la pérdida de recursos hídricos, la segunda, es la generación de contaminantes inorgánicos, incluidos metales y metaloides, que afectan la salud humana y dañan los ecosistemas. Asimismo, el sector minero tiene un impacto social en el que se generan conflictos por el uso de los recursos naturales, disputas de quienes actúan ilegalmente para apoderarse de un territorio y aumento de la demanda y contaminación del recurso hídrico, aire, suelo, entre otros [9]. De igual forma la minería artesanal y a pequeña escala contribuyen de manera significativa a los medios de vida con enormes e innegables problemáticas relacionadas con el medio ambiente, la salud, la mano de obra y los conflictos del uso del suelo, afectando los recursos naturales por la emisión de contaminantes líquidos, sólidos o gaseosos [10], y por consiguiente causa efectos a componentes ambientales como la atmósfera por la emisión de material particulado, al agua por el vertido directo de los productos lí-

quidos de la actividad minera o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero y al suelo, por la disposición de elementos originados en las actividades mineras.

Las evidencias anteriores han llevado a que Colombia implemente la planificación y normativas ambientales como herramientas de gestión ambiental en el sector minero. Así, por ejemplo el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy en día Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible —MinAmbiente [11]— indica que un proceso dinámico de planificación del desarrollo sostenible que permita a una región orientar de manera coordinada el manejo, administración y aprovechamiento de sus recursos naturales renovables para contribuir desde lo ambiental a la consolidación de alternativas de desarrollo sostenible en el corto, mediano y largo plazo, acordes con las características y dinámicas biofísicas, económicas, sociales y culturales.

La planificación ambiental se convierte en una visión estratégica para la solución de los problemas ambientales expresada en la síntesis de programas, talleres, tecnología y actividades que permitan transitar hacia un modelo de desarrollo sostenible. En este contexto la presente investigación estudia la minería artesanal a pequeña escala como un sector productivo donde se hace importante que la planificación estratégica se ejecute como una alternativa avanzada que permita un desarrollo técnico en sus operaciones [12], [13]. En efecto, desde hace mucho tiempo se han identificado los problemas ambientales existentes en diferentes actividades mineras con el fin de adoptar un enfoque integrado de la evaluación del impacto ambiental que ha promovido el uso de tecnologías, dando visión de sostenibilidad innovación y cabida a instrumentos de regulación para la protección del medio ambiente [14], [15].

En el caso de la mina artesanal Wajira S.A.S., actualmente existen diversas problemáticas ambientales, entre ellas la pérdida de fauna y flora, la modificación de la biogénesis y la morfología del suelo debido a la extracción de arcilla y la deforestación por el requerimiento de madera para el funcionamiento de hornos artesanales que a su vez generan gases de efecto invernadero y afectan directamente la salud de las comunidades aledañas al área de explotación. Por ello en la presente investigación se abordó el tema de planificación ambiental en las operaciones de la cantera (prospección y explotación hasta el transporte y procesamiento) con el fin de identificar los problemas ambientales, establecer las normativas ambientales aplicables a los procesos de la cantera y describir medidas de manejo ambiental para diseñar un sistema de planificación ambiental que mejore las condiciones actuales y futuras de esta; además de disminuir, mitigar, controlar y compensar los impactos que se puedan generar sus procesos mineros y finalmente incorporar criterios ambientales para la

toma de decisiones respecto al diseño y ejecución de normativas, planes, programas y proyectos.

## II. Metodología

La investigación es de tipo adaptativa y carácter descriptivo, con diseño de campo, no experimental y de corte transeccional [16], [17], cuyas fuentes provienen de revisión documental y observación directa [18]. En el presente estudio no se trabajó con muestras, sino con la población total, cuya población fue de carácter finita, donde hubo accesibilidad a la empresa minera Wajira S.A.S., dedicada a la explotación artesanal de arcilla.

La investigación se realizó mediante la metodología de planificación estratégica situacional [19] aplicado al factor ambiental [20], donde se trabajó en cuatro (4) momentos: en el Momento 1 (explicativo), se realizó el diagnóstico de los problemas ambientales y jerarquización de impactos ambientales mediante la evaluación de impacto ambiental llevada a cabo siguiendo unos pasos metódicos, empezando por una lista de chequeo como se observa en la Figura 1.

LISTA DE CHEQUEO PARA IDENTIFICAR IMPACTOS AMBIENTALES EN LA MINA DE ARCILLA Wajira S.A.S					
Investigador:		Fecha:			
Factor ambiental	Impactos generados	Etapas del proyecto			
		Exploración	Diseño y construcción	Operación	Abandono o cierre
Agua					
Aire					
Suelo					
biodiversidad					
Población					
Vegetación					
Otros					

Figura 1. Lista de chequeo utilizada en la identificación de impactos ambientales generados

Con la información obtenida en la lista de chequeo se realizó una matriz de componente afectados por cada actividades que se realiza en la mina [21] como se observa en la Figura 2.

Con la matriz por componente ambiental se determinaron los impactos generados por las acciones susceptibles de producir impactos y, además, se contó con la base de información primaria para realizar la jerarquización de impactos ambientales mediante la utilización de una matriz de importancia utilizando el método de Conesa Simplificado para Ponderación de los impactos ambientales [21], [22], cuya metodología se observa en la Figura 3.

Para la determinación de la importancia del impacto, se utilizó la ecuación (1) de Conesa, empleada para ponderar los impactos ambientales [21]:

$$I_{IA} = \pm \sum (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) \quad (1)$$

Donde  $I_{IA}$  es la importancia del impacto ambiental.

Componentes y acciones del proyecto	Componentes del ambiente	Físico				Biótico		Social	
		Suelos	Agua	Aire	paisaje	Vegetación	Fauna	Económico	Cultural
Fases	Acciones susceptibles de producir impactos								
Exploración									
Diseño y construcción									
Operación									
Cierre									

Figura 2. Matriz de componentes ambientales

<b>NA: NATURALEZ</b>		<b>IN: INTENSIDAD</b>	
(+)Beneficioso	+1	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
(-) perjudicial	-1	Muy alta	8
		Total	12
<b>EX: EXTENSIÓN</b>		<b>MO: MOMENTO</b>	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Irmediato	4
Total	8	Critico	+4
Critico	+4		
<b>PE: PERSISTENCIA</b>		<b>RV: REVERSIBILIDAD</b>	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
<b>SI: SIENRGISMO</b>		<b>AC: ACUMULACIÓN</b>	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
<b>EF: EFECTO</b>		<b>PE: PERIODICIDAD</b>	
Indirecto (secundario)	1	Irregular, aperiódico, discontinuo	1
Directo (primario)	4	Periódico	2
		Continuo	4
<b>MC: RECUPERABILIDAD</b>		<b>IMPORTANCIA</b>	
De manera inmediata	1	Irrelevante	
A medio plazo	2	Moderado	
Mitigable	4	Severo	
Irrecuperable	8	Critico	

Figura 3. Ponderación de los impactos ambientales

Intensidad (IN), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergismo (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR), Recuperabilidad (MC).

La matriz de importancia fue construida con los valores obtenidos para cada impacto. Así en la matriz quedó representada la valoración cuantitativa de la importancia que se produce por cada impacto presentada en el modelo que establece Arboleda [21], como se observa en la Figura 4.

Impacto	NAT	INT	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	Importancia	Calif. impacto

Figura 4. Matriz de importancia

Cabe señalar que la valoración del impacto se midió con base al grado de manifestación cualitativa del efecto, es decir, la importancia del impacto. Este es pues el indicador mediante el cual se mide cualitativamente el impacto ambiental en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida y de la caracterización del efecto que responde a su vez a los atributos expuestos [23].

Por último, la clasificación para cada impacto se determina mediante los siguientes valores, definidos por Fernandez-Vitora [22].

- <25 se clasifica como IRRELEVANTE o COMPATIBLE con el ambiente.
- $\geq 25$  y <50 se clasifica como MODERADO.
- $\geq 50$  y <75 se clasifica como SEVERO.
- $\geq 75$  se clasifica como CRITICO.

El resultado final del Momento 1 es el diagnóstico del estado actual en que se encuentra la mina Wajira S.A.

Seguidamente se propuso el Momento 2 como un momento normativo, en el cual se estableció la situación ambiental ideal de la mina, es decir se establece los objetivos de la planificación ambiental, donde se pretende pasar de una situación inicial a una situación objetivo; con establecimiento de los impactos a mejorar se realiza una matriz legal ambiental de la empresa para tener claro la legislación aplicable a la mina artesanal Wajira S.A.S.

Luego, el Momento 3, fue de tipo estratégico sobre la planificación y se inició con la formulación de los PMA.

Por último, el Momento 4, fue de tipo táctico operacional, donde ya con los planes formulados se realizaron las fichas de manejo, como se informa en la Figura 5.

FICHA DE GENERAL DE MANEJO AMBIENTAL EN LA MINA DE ARCILLA WAJIRA S. A				
Nº del efecto:	Efecto:	Tipo de ficha:		Gestión:
Responsable:	Actividad:	Cronograma:	Resultados esperados:	Observación:
Objetivo:				
Impactos ambientales a prevenir o mitigar				
Plan de acción:				
Resultados				
Firma del responsable:				

Figura 5. Fichas generales de Manejo ambiental de la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Sobre la validez, se tuvo en cuenta el criterio de consulta técnica a expertos en las áreas de metodología de la investigación en ciencias ambientales y minería en La Guajira, evaluando que el instrumento fuese pertinente con relación a su alcance, contenido, efectividad y coherencia.

En cuanto a la fiabilidad, este estudio no la mide, debido a que está sujeto a criterios propios como investigadores tanto en la observación en campo como para la revisión de información documental.

### III. Resultados y discusión

#### A. Diagnóstico ambiental de la mina artesanal Wajira S.A.S. en La Guajira colombiana

Este apartado corresponde al Momento 1, se especifican los resultados del diagnóstico de los problemas ambientales y jerarquización de impactos ambientales mediante la evaluación de impacto ambiental.

Antes, cabe resaltar que se evaluaron los problemas generados a los factores ambientales, producto de las actividades mineras, tales como: la emisión de material particulado, incremento de ruido, pérdida de vegetación, deterioro del suelo, erosión, efecto sobre especies endémicas, deforestación, pérdida de biodiversidad, deterioro del paisaje, generación de empleo, perturbación de zonas sagradas Wayuu y la disminución del nivel piezométrico de los acuíferos y su contaminación.

Así mismo, las acciones susceptibles de producir impacto en la mina Wajira S.A.S., son: el desmonte y descapote de materia vegetal, construcción de áreas de procesamiento, adecuación de vías de acceso y transporte, perforación del suelo para pozo de aguas subterráneas, construcción de hornos de cocción, disposición de residuos vegetales mediante quemas, extracción de la arcilla con retroexcavadoras, demanda de mano de obra, captación de agua subterránea, recolección de madera, para utilización como combustible, mezclado de la arcilla, encendido del horno (fuente puntual de contaminación atmosférica), disposición inadecuada de residuos sólidos, transporte para comercialización del ladrillo, desvinculación laboral, reconversión de los taludes, reforestación, revegetación, construcción de estructuras para usos posterior e implementación de un plan de restauración final.

En este orden de ideas, se obtuvo en el diagnóstico ambiental que más del 98% de los impactos determinados son negativos, que el impacto positivo que está teniendo la mina es la generación de ingreso en la demanda de mano de obra laboral del sector, el cual no se le midió importancia, ya que la metodología de Conesa [22] no solo incluye el aspecto ambiental, sino también el social y económico.

Con referente a los impactos ambientales en la mina, se determinó que la erosión, la contaminación de las aguas subterráneas, la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la desestabilización de los taludes, son impactos severos, que de no controlarse dejan un cambio en la mayoría irreversible en el ecosistema, afectando a todos los seres vivos que lo habitan, de esta forma se centró en el control, disminución y mitigación de estos impactos en los Planes de Manejo Ambiental (PMA).

En cuanto, al aumento de los niveles de ruido y traslado de fauna, se calificaron como impactos irrelevantes, debido que es poca la maquinaria que tiene y la mina no cuenta con vecinos por su ubicación en zona

rural, pero es necesario el uso de auriculares para los operarios y una revisión trimestral de la maquinaria, como mantenimiento preventivo y correctivo para las causantes de aumento de ruido.

Con la determinación de impactos y su importancia se dio por terminado la caracterización ambiental, donde se obtuvo que existe una fuerte intervención al ecosistema, es necesaria una planificación ambiental, porque son impactos de categoría moderados y severos que pueden dejar consecuencias irreversibles al medio ambiente, de seguir con la actividad como se realiza hasta el momento no es sostenible, por el contrario, es destructiva.

### B. Legislación ambiental en la mina artesanal Wajira S.A.S. en la Guajira colombiana

En esta sección se entró al Momento 2 de carácter explicativo, en el cual se consultó las normativas ambientales vigentes en Colombia aplicables a este tipo de actividad, donde se obtuvo que la mina Wajira S.A.S. no está en cumplimiento de la gran mayoría.

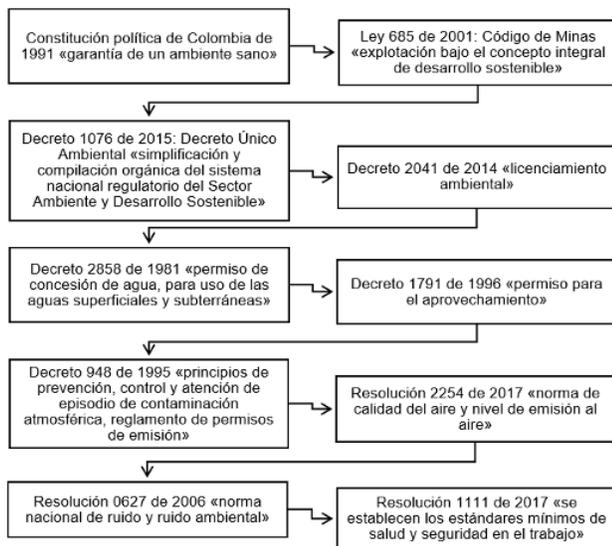


Figura 6. Legislación ambiental vigente aplicable a la actividad de la mina de arcilla Wajira S.A.S.

De acuerdo con la Figura 1, la normativa legal ambiental vigente aplicable a la mina de arcilla Wajira S.A.S. recae de la constitución 1991, donde se defiende el derecho a un ambiente sano, desde esa perspectiva se dictaron decretos y resoluciones en protección al ambiente y responsabilidad del que contamina debe contrarrestar los efectos nocivos causados, el no acato de estas normativas trae consigo multas, sanciones ambientales, hasta cierre de la actividad; por lo tanto, debe ser de interés para la mina de arcilla Wajira S.A.S. el entrar en cumplimiento de la legislación ambiental colombiana.

En la búsqueda de la evidencia sobre el cumplimiento de las normativas ambientales, se encontró que la cantera Wajira S.A.S cuenta con permiso de comercio y producción de ladrillos, pero no cuenta con permiso de

extracción minera porque inicialmente estos compraban la materia prima y actualmente la empresa extrae el mineral arcilloso; sin embargo, se encuentran en trámite para conseguir los respectivos permisos para cada una de las actividades que se llevan a cabo en la mina.

Con los ítems observados en el indicador anterior se demuestra que la legislación ambiental, recae sobre todo en los componentes que están ciertamente intervenidos en la actividad minera, además no están los requisitos que deberían ser previos a la minería. En la Ley 685 de 2001 [24] se establece que únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional, que bajo la responsabilidad del empresario podría recibir multas hasta de 30 salarios mínimos legales mensuales vigentes (SMLV) por el no cumplimiento a la norma.

Caso semejante pasa con la licencia ambiental [25] donde se dictamina que la licencia competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad que, de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables, al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada y que de no acatarse pueden traducirse a cuantiosas multas ambientales, según el Código Penal de Colombia [26], incurrirá en prisión de cinco a diez años y multa de 30000 a 50000 SMLV.

En relación con las normas legales es necesario cumplir con los requisitos de la legislación ambiental para poder eximirse de este tipo de represarías estatales, debido a que no se tiene ningún tipo de control, ni cumplimiento de las normas ambientales que impida una adecuada planificación ambiental; sin embargo, en el Momento 3 se evaluaron una serie de planes de gestión ambiental, para de esta manera entrar en procesamiento legal de cumplimiento y responsabilidad ambiental.



Figura 7. PMA para la planificación estratégica situacional ambiental de la mina artesanal de arcilla Wajira S.A.S.

**Tabla 1.** Indicadores ambientales para monitoreo de las intervenciones en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Impacto	Indicadores	Medición
Deterioro de las propiedades físicoquímicas del suelo.	Estructura, color, textura	Perfiles pedogenéticos del suelo.
Erosión	Erosión hídrica y eólica	Fotografía secuencial mensualmente.
Deterioro del nivel del uso productivo de suelo	Materia orgánica	Espesor de la capa húmica, estructura, textura y color en campo.
Disminución de cantidad de agua subterránea	m <sup>3</sup> de agua consumida	Monitoreo piezométrico del pozo de agua
Contaminación de las aguas subterráneas.	Análisis físicoquímicos del agua.	En laboratorio DBO, DQO, unidades coliformes.
Contaminación de la calidad del aire por material particulado y otras sustancias	Material particulado Maquinaria y fuentes puntuales	Estación de monitoreo de aire (Hi-Vol)
Aumento de los niveles de ruido	Decibels de ruido	Monitoreo de ruido y ruido ambiental
Desestabilización en los taludes del suelo	m <sup>3</sup> de terreno intervenido.	Medición mensual de suelos intervenidos.
Cambio en el contraste paisajístico	m <sup>3</sup> de terreno intervenido.	Medición mensual de áreas intervenidas
Deforestación	m <sup>3</sup> de terreno intervenido. En tala de arboles	Medición mensual de suelos intervenidas
Disposición inadecuada de residuos solidos	kg de residuos reciclables, orgánico y no reciclables	Pesaje en kg de residuos.
Gestión visual	Número de lugares sin identificación visual	Revisión visual
No utilización de EPP	% de cumplimiento del uso del EPP	Monitoreo en áreas de trabajo

### C. PMA en la mina artesanal Wajira S.A.S. en la Guajira colombiana

En esta sección que corresponde al Momento 3 donde se formularon PMA para la planificación estratégica situacional ambiental de la cantera como se observa en la Figura 7, esto con el fin de que la cantera sea responsable tanto social como ambientalmente. Para ello se sugieren una serie de programas y proyectos propuestos se buscan el control, prevención, mitigación y/o compensación de los impactos negativos causados por las actividades que se desarrollan en la empresa minera Wajira S.A.S.

Luego de la formulación de los PMA fue necesario el establecimiento de algunos indicadores ambientales que fueron los parámetros que permitieron evaluar la calidad de los componentes ambientales afectados por la actividad minera, así como la cantidad y calidad de recursos naturales seleccionados que permitieron sintetizar en valores numéricos muchos de los aspectos que determinan el grado de sostenibilidad de la mina Wajira S.A.S como se observa en la Tabla 1.

### D. Seguimiento y control de la Planificación Ambiental de la mina artesanal Wajira S.A.S. en la Guajira colombiana

En esta sección se evalúa el Momento 4, el cual fue de tipo táctico operacional, donde ya con los planes formulados se pone en marcha la ejecución y se hace necesario el seguimiento y control mediante la planificación ambiental de los mismos durante un año con el fin de mejorar continuamente los planes propuestos.

Se evaluaron las propiedades biofísicas y los cambios en los impactos identificados mediante fichas de manejo

por cada factor intervenido en la mina, del cual los indicadores de parámetros de sostenibilidad se pudieron inferir según la satisfacción de los programas o alguna reestructuración a la que hubo lugar.

Cabe resaltar que esto hizo parte de un plan de seguimiento y control, del cual no se obtuvieron resultados de las actividades, debido a que son acciones que impactan a mediano y largo plazo, por lo general de 5 a 10 años; además, algunas medidas se deben realizar durante todo el tiempo de operación de la mina, hasta el cierre y abandono de estas, las actividades de reconversión de taludes y reforestación son actividades progresivas que encaminan al uso del suelo posterior a la minería para que el paisaje pueda recuperar su contraste en mayor porcentaje.

A continuación, se presentan las fichas obtenidas durante la ejecución y el seguimiento y control de la planificación ambiental (ver Tablas 2, 3, 4, 5, 6, 7).

## IV. Conclusiones y recomendaciones

### A. Conclusiones

Esta investigación se desarrolló mediante la aplicación de la metodología de planificación estratégica situacional ambiental por momentos; se identificaron los impactos responsables de la degradación ambiental en la minería artesanal de arcilla Wajira S.A.S. donde se estudiaron las normativas ambientales y jurídicas, además del fortalecimiento de la planificación ambiental mediante el cumplimiento de los PMA. Con estas variables, evaluadas y calificadas por un panel de expertos y luego de la aplicación de la matriz de priorización de impactos se logró prever futuros escenarios que sirven

**Tabla 2.** Plan de manejo de residuos sólidos en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Ficha 1. Manejo de residuos sólidos en la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
N° del efecto: 1	Efecto: contaminación por residuos sólidos.	Tipo de ficha: Prevención mitigación	Gestión: residuos sólidos
Responsable:	Cronograma: 1° mes	Resultado esperado: Adecuada gestión de residuos sólidos.	Observación:
Objetivo: Implementar las estrategias correctas para el adecuado manejo de los residuos generados.			
Impactos ambientales a prevenir o mitigar: contaminación de suelo por disposición inadecuada de residuos solidos.			
Plan de seguimiento y control:		Indicadores:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación sobre separación en la fuente de residuos sólidos [27]</li> <li>• Capacitación sobre los colores y simbolización de las canecas y la importancia ambiental de este sub-programa en prevención y control de impacto.</li> <li>• Implementación de reutilización y reciclaje de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de empleados capacitados.</li> <li>• Número de puntos de recolección ecológicos</li> <li>• Kg de residuos generado/kg de residuos reutilizado</li> </ul>	

**Tabla 3.** Plan de manejo integral del agua en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Ficha 2. Manejo integral del agua en la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
N° del efecto: 2	Efecto: contaminación y disminución del recurso hídrico.	Tipo de ficha: Prevención, control.	Gestión: recurso hídrico.
Responsable:	Cronograma: 2-3 meses	Resultado esperado: Adecuada gestión del recurso hídrico.	Observación:
Objetivo: Controlar el uso eficiente del agua subterránea en las actividades de la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
Impactos ambientales a prevenir o mitigar: Disminución del nivel piezométrico del agua, incapacidad de reabastecimiento del acuífero, contaminación del agua subterránea.			
Plan de seguimiento y control:		Indicadores:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en uso eficiente del agua a los empleados de la mina de arcilla Wajira S.A.S.</li> <li>• Análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua para determinación de la calidad del agua bombeada.</li> <li>• Adecuación del pozo a las exigencias de la auto-riedad ambiental Corpoguajira.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• m<sup>3</sup> de agua subterránea consumida.</li> </ul>	

**Tabla 4.** Plan de manejo y uso del suelo en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Ficha 3. Manejo y uso del suelo en la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
N° del efecto: 3	Efecto: deterioro del suelo.	Tipo de ficha: mitigación, compensación.	Gestión: Recurso suelo.
Responsable:	Cronograma: 3 meses hasta el cierre de la mina.	Resultado esperado: Adecuada gestión del recurso suelo.	Observación:
Objetivo: Controlar los procesos erosivos del suelo, la inestabilidad por excavación, y deterioro de las propiedades pedo-genéticos del suelo.			
Impactos ambientales a prevenir o mitigar: Deterioro de la capacidad productiva del suelo, Erosión, Deterioro de las propiedades fisicoquímicas del suelo, y paisajístico.			
Plan de seguimiento y control:		Indicadores:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de programa de reforestadas.</li> <li>• Medidas de conservación de las áreas reforestadas.</li> <li>• Mantenimiento a las cunetas perimetrales.</li> <li>• Estabilización de los taludes del suelo que están en explotación.</li> <li>• Reconformación de los taludes del suelo ya explotados.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión del suelo.</li> <li>• Materia orgánica.</li> <li>• m<sup>2</sup> de suelo reforestado.</li> </ul>	

**Tabla 5.** Plan de manejo de emisiones atmosféricas contaminantes en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Ficha 4. Manejo de emisiones atmosféricas contaminantes en la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
N° del efecto: 4	Efecto: contaminación del aire.	Tipo de ficha: mitigación, compensación.	Gestión: Recurso aire.
Responsable:	Cronograma: hasta el cierre de la mina.	Resultados esperados: Disminución de las emisiones.	Observación:
Objetivo: Desarrollar alternativas que permitan la disminución de las emisiones atmosféricas contaminantes. Impactos ambientales a prevenir o mitigar: contaminación atmosférica, enfermedades respiratorias y deterioro de la vegetación.			
Plan de seguimiento y control:		Indicadores:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo de aire en los tiempos de cocción del ladrillo.</li> <li>• Mantenimiento preventivo y correctivo trimestral, a la maquinaria para control del ruido.</li> <li>• Reconversión tecnológica pasar de hornos de madera a horno con utilización de gas propano.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material particulado.</li> <li>• Decibeles de ruido.</li> </ul>	

**Tabla 6.** Plan de manejo de paisaje y vegetación en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Ficha 5. Manejo de paisaje y vegetación en la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
N° del efecto: 5	Efecto: deterioro de la vegetación.	Tipo de ficha: mitigación, compensación.	Gestión: vegetación, paisaje.
Responsable:	Cronograma: Toda la operación de la mina.	Resultados esperados: reforestación de zonas intervenidas.	Observación:
Objetivo: implementar la reforestación de las áreas intervenida por la actividad minera de la empresa Wajira S.A.S. Impactos ambientales a prevenir o mitigar: Deterioro de la vegetación y deterioro del paisaje.			
Plan de seguimiento y control:		Indicadores:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestación en cada área intervenida, con vegetación autóctona.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• m<sup>3</sup> de suelo reforestado.</li> </ul>	

**Tabla 7.** Plan de manejo de la salud y seguridad en el trabajo en la mina de arcilla Wajira S.A.S.

Ficha 6. Manejo de la salud y seguridad en el trabajo en la mina de arcilla Wajira S.A.S.			
N° del efecto: 6	Efecto: Accidentalidad de los trabajadores.	Tipo de ficha: prevención, control.	Gestión: personal laboral.
Responsable:	Cronograma: Durante toda la operación de la mina.	Resultados esperados: Disminución de accidentes en las actividades de la mina.	Observación:
Objetivo: Adecuar las áreas de trabajo en prevención del riesgo de accidente, mediante la capacitación del personal y señalización de las áreas. Impactos ambientales a prevenir o mitigar: Accidentes de los trabajadores.			
Plan de seguimiento y control:		Indicadores:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación del personal en uso de los EPP y señales de las áreas.</li> <li>• Entrega de los EPP por cada área de trabajo.</li> <li>• Señalización en las áreas los procesos realizados.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal capacitado</li> <li>• Áreas señalizadas</li> </ul>	

para contrarrestar las externalidades negativas causadas al componente ambiental en el área de influencia de la mina.

Además, por medio de esta investigación se obtuvo un diagnóstico ambiental que permitió sentar una línea base para comenzar a implementar una gestión ambiental dentro de la minería artesanal Wajira S.A.S. dedicada a la explotación de arcilla en La Guajira con el fin de dejar un insumo que pueda servir de herramienta de consulta para la planificación ambiental, elaboración de normativas ambientales y estrategias para prevenir,

controlar, mitigar y compensar los impactos ocasionados por este tipo de minería, de modo tal que se promueva una minería responsable en el tiempo.

Así mismo, los resultados de este trabajo ponen de manifiesto un campo de acción interesante para futuras investigaciones aplicadas a todo tipo de minas artesanales dedicadas a la explotación de arcilla tanto en La Guajira como a nivel nacional e internacional. Donde gracias a los momentos (M1, M2, M3, M4) que se llevaron a cabo en la mina Wajira S.A.S durante la investigación, se enfocaron para resolver preguntas tales como:

¿es posible que el diseño de un sistema de planificación ambiental en la minería artesanal dedicada a la explotación de arcilla, reduciría las problemáticas ambientales y normativas de estas mismas?, ¿cómo lograr la identificación de los problemas ambientales de la minería artesanal de arcilla para su planificación ambiental?, ¿cuáles son las normativas ambientales que deben tenerse en cuenta para una planificación ambiental en la minería de arcilla?, ¿hay mejoramiento al implementar sistemas de prevención ambiental dentro de la minería artesanal dedicada a la explotación de arcilla?

## B. Recomendaciones

La investigación encuentra en la mina Wajira S.A.S., dedicada a la explotación de arcilla de manera artesanal, algunos puntos débiles en el sector ambiental, por lo que se recomienda al sector minero artesanal de la región:

1. La creación del área de gestión ambiental, debido que se requiere un área que esté completamente atenta y ligada a los problemas ambientales que se causan por la actividad extractiva y productiva de la mina, ya que, a falta de esta área, la gerencia no presta la relevancia pertinente a los impactos ambientales negativos generados.
2. Realizar el trámite y consolidación de la licencia ambiental ante la entidad regional Corpoguajira como lo especifica el decreto 2041 del 2014 para la formalización de la actividad minera en La Guajira. Además, también del título minero como lo especifica la ley 685 del 2001 y demás normativas ambientales.
3. Es necesaria la concordancia de lo documentado sobre la legislación ambiental interna de las minas y la realidad por las que pasan, es menester el cumplimiento para tener compromiso ambiental, mediante PMA y buenas prácticas empresariales. Los cuales llevaran a la actividad productiva, hacer responsable con el medio ambiente e incluirse a un modelo de desarrollo sostenible.
4. Es transcendental la implementación de PMA con prontitud para poner en práctica la responsabilidad ambiental empresarial y que los impactos ambientales no crucen la calificación de severos a críticos. Debido que con el tiempo los impactos van en incremento y se cruzan unos entre otros generando impactos sinérgicos que requieren medidas más exhaustivas y de mayor inversión económica.
5. Crear planes de contingencia ambiental y de seguridad y salud en el trabajo para la reacción pronta ante fenómenos naturales y la minimización de posibles accidentes, respectivamente.

## V. Trabajos futuros

La presente investigación puede continuar si se realiza la implementación de la planificación ambiental y cumplimiento de las normativas ambientales en el sector minero artesanal de La Guajira. De manera tal que se

pueda hacer una relación entre estos dos escenarios, el actual vs. el que se desea.

Otra sugerencia de investigación a futuro y que resulta muy factible, es la introducción de tecnologías limpias en los procesos que se llevan a cabo en la minería artesanal de la región, tanto en minerales no metálicos como metálicos.

## VI. Agradecimientos

Los autores reconocen las contribuciones de la Universidad de La Guajira como financiador de la investigación y a la empresa minera Wajira S.A.S. por su disposición y transparencia de la información para que se llevara a cabo este estudio.

## Referencias

- [1] J. Stacey, A. Naude, M. Hermanus y P. Frankel, "The socio-economic aspects of mine closure y sustainable development: Literature overview y lessons for the socio-economic aspects of closure-Report 1," *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 110, n°. 7, pp. 379–394, 2010.
- [2] R. Syahrir, F. Wall y P. Diallo, "Socio-economic impacts and sustainability of mining, a case study of the historical tin mining in Singkep Island-Indonesia," *The Extractive Industries and Society Journal*, pp. 1–9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.07.023>.
- [3] D. López-Juviano, L. Torres-Ustate y F. Moya-Camacho, "Tecnologías, procesos y problemática ambiental en la Minería de arcilla," *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 8, n°. 2, pp. 20–43, 2020. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.2.3857>.
- [4] M. Monosky y A. Keeling, "Planning for social and community-engaged closure: A comparison of mine closure plans from Canada's territorial and provincial North," *Journal of Environmental Management*, vol. 277, pp. 1–10, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111324>.
- [5] R. Getty y A. Morrison-Saunders, "Evaluating the effectiveness of integrating the environmental impact assessment and mine closure planning processes," *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 82, pp. 1–9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106366>.
- [6] A. R. Sweeting et al., *Lightening the Lode: A guide to responsible large-scale mining*. Washington, D.C., 2000.
- [7] A. Morrison-Saunders, M. P. McHenry, A. R. Sequeira, P. Gorey, H. Mtegha y D. Doepel, "Integrating mine closure planning with environmental impact assessment: challenges and opportunities drawn from African and Australian practice," *Im-*

- Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 34, n.º. 2, pp. 117–128, 2016. <https://doi.org/10.1080/14615517.2016.1176407>.
- [8] R. Marshall, J. Arts y A. Morrison-Saunders, “International principles for best practice EIA follow-up,” *Impact Assessment and Project Appraisal*, vol. 23, n.º. 3, pp. 175–181, 2005. <https://doi.org/10.3152/147154605781765490>.
- [9] J. Ariza, A. Vargas-Prieto y J. García-est, “The Extractive Industries and Society The effects of the mining-energy boom on inclusive development in Colombia,” *The Extractive Industries and Society*, vol. 7, n.º. 4, pp. 1597–1606, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.10.002>.
- [10] D. M. Franks, C. Ngonze, L. Pakoun y D. Hailu, “Voices of artisanal and small-scale mining, visions of the future: Report from the International Conference on Artisanal and Small-scale Mining and Quarrying,” *The Extractive Industries and Society*, vol. 7, n.º. 2, 2019, pp. 505–511, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.01.011>.
- [11] V. y D. T. (MVDT) Ministerio de Ambiente, *Decreto 1200 de 2004*. Bogota, D.C., Colombia, 2004.
- [12] G. Franco-Sepúlveda y C. C. H. Gómez, “Implementation of strategic planning to mining in Colombia,” *Boletín Ciencias de la Tierra*, n.º. 37, pp. 20–24, 2015. <https://doi.org/10.15446/rbct.n37.48557>.
- [13] A. Ferrero Arias, J. Taboada Castro, C. Iglesias Comesaña, J. M. Baltuille Martín y E. Giráldez Pérez, “Aplicación práctica de la metodología de caracterización geológico-minera al yacimiento de granito ‘Rosa Porriño’ (Galicia, España). Cartografía de calidades y estimación y distribución de reservas para la planificación de su explotación,” *Boletín Geológico y Minero*, vol. 128, n.º. 2, pp. 451–466, 2017. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.128.2.012>.
- [14] N. Morales Varela y E. Arancibia Villegas, “Simulación como herramienta para la planificación de la preparación minera en minería tipo Block/Panel Caving,” Universidad de Chile, Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas, 2016.
- [15] R. Getty y A. Morrison-Saunders, “Evaluating the effectiveness of integrating the environmental impact assessment and mine closure planning processes,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 82, n.º. September 2019, p. 106366, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106366>.
- [16] R. Hernández, C. Fernández y M. del P. Baptista, *Metodología de la investigación*, 6th ed. Mexico, 2014.
- [17] R. Hernández Sampieri y C. P. Mendoza Torres, *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico, 2018.
- [18] F. G. Arias, *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica, 6th ed.* Caracas - República Bolivariana de Venezuela, 2012.
- [19] C. da S. Azevedo, “Planejamento e gerência no enfoque estratégico-situacional de Carlos Matus,” *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 8, n.º. 2, pp. 129–133, 1992. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x1992000200003>.
- [20] J. Montoya-Sarmiento, “Plan de manejo ambiental de la finca las Veraneras, Montenegro, Quindío,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2015.
- [21] J. Arboleda, *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia, 2008.
- [22] V. C. Fernandez-Vitora, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Segunda ed. Madrid, España: FI – UNNE, 1997.
- [23] M. G. Dellavedova, *Guía Metodologica para la elaboracion de una Evaluacion de Impacto Ambiental*, 1st ed., n.º. 17. 2011.
- [24] Ley 685 del 2001, “Ley 685 de 2001, Ministerio de Minas y Energia,” Bogota D.C., 2001 [Online]. Available: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley\\_0685\\_2001.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2001/ley_0685_2001.pdf).
- [25] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Decreto 2041 de 2014,” Bogota D.C., pp. 1–13, 2014 [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=59782>.
- [26] Ministerio de justicia y del derecho, “Ley 599 de 2000,” Bogotá D.C., pp. 1–183, 2000 [Online]. Available: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0599\\_2000.html#1](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0599_2000.html#1).
- [27] Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, “Norma técnica Colombiana GTC 24: Gestión ambiental. Residuos Sólidos y guía para la separación en la fuente,” n.º. 571, pp. 1–18, 2009 [Online]. Available: <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC24DE2009.pdf>.