	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

**AUTOR(ES):**

**NOMBRE(S):** RONI MAURICIO      **APELLIDOS:** JAYA CAMACHO

**FACULTAD:** CIENCIAS EMPRESARIALES

**PLAN DE ESTUDIOS:** MAESTRIA EN GERENCIA DE EMPRESAS

**DIRECTOR:** \_\_\_\_\_

**NOMBRE(S):** JOHNNY OMAR      **APELLIDOS:** MEDINA DURÁN

**TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS):** LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA MINERÍA DEL CARBÓN Y SU IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

### RESUMEN

En este proyecto se examinó la automatización industrial en los procesos de extracción que aplican en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura, seguidamente se realizó el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander, posteriormente se determinó el impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander y finalmente se planteó alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.

**Palabras claves:** automatización industrial, minería, carbón

**Características:**

**Páginas:** 173      **PLANOS:**           **ILUSTRACIONES:**           **CD ROOM:** 1

La Automatización Industrial en la Minería del Carbón y su Impacto Socioeconómico y  
Ambiental en el Departamento Norte de Santander

RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

Universidad Francisco De Paula Santander  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Plan de Estudios de Maestría en Gerencia de Empresas  
San José de Cúcuta  
2022

La Automatización Industrial en la Minería del Carbón y su Impacto Socioeconómico y  
Ambiental en el Departamento Norte de Santander

RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

Director

PhD. Johnny Omar Medina Durán

Trabajo de Grado presentado como requisitos para optar al título de:  
Magíster en Gerencia de Empresas

Universidad Francisco De Paula Santander  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Plan de Estudios de Maestría en Gerencia de Empresas  
San José de Cúcuta

2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

San José de Cúcuta, 19 de septiembre de 2023

LUGAR: Edificio Posgrados, segundo piso.

PLAN DE ESTUDIOS: MAESTRIA EN GERENCIA DE EMPRESAS.

TITULO DEL PROYECTO: "LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN LA MINERÍA DEL CARBÓN Y SU IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER"

MODALIDAD: TRABAJO DE GRADO

JURADOS:

JOHNNY OMAR MEDINA DURÁN

ENTIDAD: U.F.P.S.

JUAN CARLOS CRUZ

ENTIDAD: U.F.P.S.

MIGUEL ALBERTO MORENO CHACÓN

ENTIDAD: U.F.P.S.

DIRECTOR: JOHNNY OMAR MEDINA DURÁN.


CODIRECTOR: OSCAR ARNULFO MERA RAMÍREZ

NOMBRE ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN		
		NÚMERO	LETRAS	
RONI MAURICIO JAYA CAMACHO C.C. 1.090.420.773	2260211	4.2	CUATRO DOS	APROBADA

  
JUAN CARLOS CRUZ  
Jurado

  
MIGUEL ALBERTO MORENO CHACÓN  
Jurado

  
JOHNNY OMAR MEDINA DURÁN  
Director

  
LUISA STELLA PAZ MONTES.  
Directora  
Maestría en Gerencia de Empresas

## Contenido

	<b>pág.</b>
1. Información General del Proyecto	15
1.1 Tema a investigar	15
1.2 Título	15
1.3 Línea de investigación que apoya la propuesta	15
1.4 Nombre del Investigador	15
2. El Problema de Investigación	16
2.1 Planteamiento del Problema	16
2.2 Formulación del problema	18
2.3 Sistematización del problema	18
2.4 Objetivos de la investigación	18
2.4.1 Objetivo general	18
2.4.2. Objetivos específicos	18
2.5 Justificación	19
2.5.1 Justificación teórica.	19
2.5.2 Justificación metodológica	19
2.5.3 Justificación práctica.	20
2.6 Marco de Referencia	20
2.6.1 Antecedentes.	20
2.6.1.1 Nacionales.	20
2.6.1.2 Internacionales.	21
2.6.2 Marco Teórico	24

2.6.3 Marco Conceptual	45
2.6.4 Marco espacial.	46
2.6.5 Marco temporal.	46
2.7 Aspecto Metodológico	46
2.7.1 Tipo de estudio.	46
2.7.2 Definición de la muestra y población objeto de estudio	47
2.7.3 Fuentes y Técnicas de recolección de Información.	48
2.7.4 Tratamiento de la información.	50
3. Desarrollo del Proyecto	51
3.1 Definición de la población objeto de estudio	51
3.2 Desarrollo de Objetivos Específicos	51
4. Conclusiones	74
Referencias Bibliográficas	77
Anexos	82

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Automatización: Una convergencia de Tecnologías	25
Figura 2. Modelo hacia manufactura ágil en entorno automatizado	27
Figura 3. Ambiente integrado de la automatización	29
Figura 4. Niveles funcionales básicos de la automatización	31
Figura 5. Rueda de la Industria 4.0	35
Figura 6. Etapas de la metodología EVPA	38
Figura 7. Cadena de Valor del Emprendimiento social	41
Figura 8. Métodos para la verificación y valoración de impacto	42
Figura 9. Definición de la metodología de medición de impacto	43
Figura 10. Procesos básicos de la extracción de carbón	52
Figura 11. Volumen de producción de carbón en minas de Norte de Santander	57
Figura 12. Establecimiento de Stake Holders	57
Figura 13. Escala de Automatización Industrial	59
Figura 14. Comparativa de Costos de un sistema convencional frente a un sistema automatizado.	68
Figura 15. Gráfica del comportamiento del flujo de fondos en la inversión	69

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Matriz de contribuyentes directos e indirectos	40
Tabla 2. Tabla estratégica de Objetivos, Resultados e Impactos ORI	41
Tabla 3. Información requerida para la medición del impacto económico de una empresa en su entorno	43
Tabla 4. Operacionalización de Variables	48
Tabla 5. Población objeto de estudio	51
Tabla 6. Automatización industrial viable en los procesos de extracción de carbón	53
Tabla 7. Relación del guión de entrevista con los objetivos específicos	54
Tabla 8. Relación del Guión de entrevista con las dimensiones iniciales	54
Tabla 9. Sistema de categorías emergente.	56
Tabla 10. Evaluación proceso de arrastre	61
Tabla 11. Evaluación Cocheo-Malacateo	61
Tabla 12. Evaluación Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación.	62
Tabla 13. Baremo de la clasificación de escalas de automatización industrial en minas	62
Tabla 14. Tabla de Resultados Manual FIM de la Automatización Industrial	63
Tabla 15. Actores según entrevista aplicada	64
Tabla 16. Conteo de Comparación Stake Holders	65
Tabla 17. Matriz EVPA	65
Tabla 18. Cotización de Automatización de Procesos mineros	67
Tabla 19. Flujo de Fondos	69
Tabla 20. Cálculo de VAN y TIR de la inversión	70



Tabla 21. Matriz DOFA Social frente a la automatización industrial.	71
Tabla 22. Matriz DOFA Económica frente a la automatización industrial.	71
Tabla 23. Matriz DOFA Ambiental frente a la automatización industrial.	72

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Entrevistas	82
Anexo 2. Artículo científico	110
Anexo 3. Procesamiento del manual fim de la automatización	121
Anexo 4. Bases de datos y analisis	159
Anexo 5. Cotización Automatización	167
Anexo 6. Estudio de Factibilidad	170

## Resumen

Automatizar procesos industriales se genera dentro de la segunda revolución industrial, donde, los sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos y electrónicos se combinan para dar una autonomía a los procesos industriales, ya en la tercera revolución industrial se adhieren las computadoras industriales, mejorando de manera significativa el control, monitoreo, supervisión y adquisición de datos en tiempo real de dichos procesos. Actualmente, con el auge de la cuarta revolución industrial, también conocida como la industria 4.0, la automatización industrial se ha convertido en tan solo un componente de la misma, con la aparición del internet de las cosas (IoT), las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), el Análisis Big Data y la inteligencia artificial (IA), entre otras.

La minería de carbón a nivel mundial ha tenido grandes reducciones en su uso al día de hoy en los procesos de generación de energía eléctrica, con la aparición de las energías no convencionales y las Smart Grid (Redes inteligentes), sin embargo, Se estima, que la producción de carbón continúe abasteciendo los procesos de generación de energía eléctrica mundial, así, como sus respectivos derivados como el coque, o el uso para la transformación de arcillas y otros procesos industriales.

Norte de Santander, por excelencia es un eje industrial en la minería (arcillas, roca fosfórica y carbón), siendo el carbón uno de sus referentes principales, según la Agencia Nacional de Minería, este representa el 14% de las regalías, el 2,7 del PIB y genera alrededor de 30 mil empleos en dicho departamento. (ANM, 2022).

Actualmente, la automatización de procesos de extracción de carbón en el departamento Norte de Santander, no es un tema de innovación, ya que muchas de las minas de carbón se encuentran automatizadas parcialmente, sin embargo, es necesario proyectar a la minería del

departamento al futuro de la industria 4.0, partiendo de la automatización de procesos mineros, para ello, se hace necesario que la comunidad conozca sus beneficios en cuanto a reducción de costos de producción, reducción de accidentes laborales, la generación de nuevos empleos, la capacitación del personal, aumento de la productividad, relación costo-beneficio, sostenibilidad ambiental y la preparación hacia la industria 4.0.

La investigación a realizar se orienta respecto a este tema tan importante a la adaptación e implementación de las nuevas tecnologías, que se presentan a nivel mundial y del cual no se han realizado estudios en el departamento Norte de Santander frente a la industria minera del carbón.

## **Abstract**

Automating industrial processes is generated within the second industrial revolution, where electrical, mechanical, hydraulic, pneumatic and electronic systems are combined to give autonomy to industrial processes, already in the third industrial revolution industrial computers are added, improving significantly the control, monitoring, supervision and acquisition of data in real time of said processes. Currently, with the rise of the fourth industrial revolution, also known as industry 4.0, industrial automation has become just one component of it, with the emergence of the internet of things (IoT), information technologies and communications (ICT), Big Data Analysis and artificial intelligence (AI), among others.

Coal mining worldwide has had great reductions in its use to date in electrical energy generation processes, with the appearance of non-conventional energies and Smart Grids, however, it is estimated, that coal production continues to supply global electricity generation processes, as well as its respective derivatives such as coke, or its use for the transformation of clays and other industrial processes.

Norte de Santander, par excellence, is an industrial hub in mining (clay, phosphate rock and coal), coal being one of its main references, according to the National Mining Agency, it represents 14% of royalties, 2, 7 of the GDP and generates around 30 thousand jobs in said department. (ANM, 2022).

Currently, the automation of coal extraction processes in the Norte de Santander department is not an issue of innovation, since many of the coal mines are partially automated; however, it is necessary to project the department's mining into the future. of industry 4.0, starting from the automation of mining processes, for this, it is necessary for the community to know its benefits in terms of reduction of production costs, reduction of work accidents, the generation of new

jobs, the training of personnel, increased productivity, cost-benefit ratio, environmental sustainability and preparation towards industry 4.0.

The research to be carried out is oriented regarding this important topic to the adaptation and implementation of new technologies, which are presented worldwide and of which no studies have been carried out in the Norte de Santander department in relation to the coal mining industry.

## 1. Información General del Proyecto

### 1.1 Tema a investigar

Impacto socioeconómico y ambiental de la automatización industrial en la minería del carbón del Departamento Norte de Santander.

### 1.2 Título

La automatización industrial en la minería del carbón y su impacto socioeconómico y ambiental en el departamento Norte de Santander

### 1.3 Línea de investigación que apoya la propuesta

**Tecnología, innovación y creatividad en las organizaciones:** Esta línea de investigación del programa de Maestría en Gerencia de Empresas de la Universidad Francisco de Paula Santander se centra en la aplicación de los principios de la administración a las unidades y sistemas de información de las organizaciones. En esta línea de investigación el área problemática se define como un campo de fenómenos que contiene diversas modalidades de concreción, dado que los distintos procesos que la conforman, se articulan según sus particularidades espacio-temporales y dinamismos estructurales o coyunturales.

### 1.4 Nombre del Investigador

Roni Mauricio Jaya Camacho

Código: 2260211

CvLac:

[https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001652309#formacion\\_acad](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001652309#formacion_acad)

## 2. El Problema de Investigación

### 2.1 Planteamiento del Problema

La Industria 4.0 es una realidad, que poco a poco se ha ido adaptando a las organizaciones a nivel mundial, con el objetivo de reducir costos de producción, establecer una sostenibilidad ambiental y reducir la interacción humana con los procesos industriales. El mejor escenario de implementar industria 4.0 a la minería del carbón del departamento Norte de Santander, permitiría la reducción de accidentes en las minas por acumulación de gases, reducción de riesgos y accidentes laborales, reducción de gases de efecto invernadero, reducción de costos de producción, aumento de la productividad y adquisición y monitoreo de variables en tiempo real.

Con el auge de la cuarta revolución industrial, también denominada Industria 4.0, se establecen tres criterios fundamentales para su funcionamiento, los cuales son: el internet de las cosas, las fábricas inteligentes y los sistemas ciber-físicos. La automatización de procesos industriales en general junto a la robótica hace parte de lo que denominamos el internet de las cosas (IoT) hoy en día. (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020)

La minería del carbón en el departamento Norte de Santander, según (Guevara & Rodríguez, 2013), presenta un déficit enorme ya que cuenta con una actividad minera de pequeña escala que se desarrolla de manera artesanal con arranque manual de material y sin tecnología.

Para proyectar industria 4.0 en la minería del carbón del departamento, se hace necesario evaluar el estado de los criterios fundamentales de su existencia, siendo IoT uno de ellos, donde la clave del mismo es la automatización industrial. Este referente requiere de una inversión significativa para ser implementado, es por ello que se requiere conocer el impacto social, económico y ambiental de automatizar este tipo de procesos, para que se genere interés por la inversión en este tipo de proyectos (Rivera & Molina, 2006), buscando generar también una



actividad minera a mayor escala, ayudando así a la generación de nuevos empleos, y crecimiento en producción a nivel nacional.

Para (Zuzana Papulova, 2022), la industria 4.0 tiene muchas ventajas para las empresas manufactureras y de producción, como una cadena de suministro ágil, herramientas de predicción y seguimiento en tiempo real, capacidad de los sistemas y flexibilidad de las tecnologías de la red, por lo que aunque en la actualidad las empresas mineras generen su producción, el problema es que esta puede hacerse de forma más rápida, de mayor calidad y eficiente aplicando los conceptos de la industria 4.0, sin embargo, sería utópico pensar que la minería nortesantandereana se va a adaptar a la industria 4.0 completamente, pero se debe empezar por modular los temas de automatización y del IoT.

Para (Jaroslaw Brodny, 2002) La producción del carbón está enmarcada por una serie de diferentes tipos de peligros, dentro de los que se encuentra el gas metano, y es en su proyecto es el modelo neuro-fuzzy la tecnología de la industria 4.0 con la que se puede mitigar este tipo de peligros.

El impacto social sirve para aprender y mejorar el desempeño, facilita la toma de decisiones y aporta legitimidad a las entidades (Villanueva, 2017). Basado en esta premisa podemos estimar que en la gerencia de la industria minera es necesario medir el impacto social para establecer una correcta toma de decisiones aportando legitimidad empresarial, por ende es importante medir este impacto frente a la automatización industrial.

El impacto económico en la industria minera de una región es amplia, debido a la generación de empleo, generación de riqueza y el soporte a los diferentes sectores productivos (Rivera & Molina, 2006). Basado en esta premisa, conocer el impacto que genera la industria minera en el departamento es esencial, sin embargo, aún no se cuentan con estudios al respecto, pero siendo la

automatización el eje fundamental del presente proyecto se debe estimar como afecta la economía minera desde la perspectiva empresarial interna sobre todo en proyectos de inversión.

La manufactura asistida por computador es parte del continuo cambio y progreso tecnológico en la industria manufacturera y de producción (Nake, 1974). Enfocados al progreso tecnológico, y partiendo de las diferentes revoluciones industriales, no se debe desconocer el auge de la cuarta revolución industrial, ya que se proyecta una mejora continua a los procesos de manufactura y producción, aplicando las tecnologías de la automatización industrial.

## **2.2 Formulación del problema**

¿Cuál sería el impacto socio-económico y ambiental de la automatización industrial en la minería del carbón en el departamento Norte de Santander?

## **2.3 Sistematización del problema**

¿Es posible automatizar todos los procesos de extracción de carbón en la minería subterránea?

¿Cómo se mide el impacto social, económico y ambiental?

¿Cuáles son los grados de automatización industrial, cómo se determinan?

¿Cómo se mejora la automatización industrial?

## **2.4 Objetivos de la investigación**

**2.4.1 Objetivo general.** Establecer el impacto socio-económico y ambiental de la automatización industrial en la minería del carbón en el departamento Norte de Santander.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

Examinar la automatización industrial en los procesos de extracción que aplican en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.

Realizar el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander.

Determinar el impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander.

Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.

## **2.5 Justificación**

**2.5.1 Justificación teórica.** Según (Zuzana Papulova, 2022), En el contexto de la Industria 4.0, la automatización se entiende como el conjunto de tecnologías que permiten que las máquinas y las operaciones se realicen dentro de un sistema sin una gran intervención humana. Partiendo de esta premisa, se puede establecer que se puede generar progreso en temas sociales, ambientales y económicos al automatizar procesos industriales, ya que, al reducir la mano de obra operativa, reducimos costos en salarios, se generan nuevos ámbitos de empleo, se mejoran los procesos y se tiene información en tiempo real, por lo que se da una viabilidad grande al presente estudio.

**2.5.2 Justificación metodológica.** Para obtener resultados objetivos de la investigación, en función de un sistema cuantitativo, se hace necesario el uso de herramientas que permitan obtener datos concretos sobre la población objetivo, para ello se establecerá la metodología SCRUM, con la cual se puede hacer una conexión entre los actores, equipos y herramientas para dar una correcta investigación.

**2.5.3 Justificación práctica.** Proyectar la minería del carbón nortesantandereana hacia la implementación de la industria 4.0 debe ser una prioridad, ya que como se ha establecido según (Guevara & Rodríguez, 2013), Norte de Santander posee una minería a pequeña escala y con pocos avances tecnológicos, y teniendo en cuenta que si las organizaciones no evolucionan con el mundo tienden a desaparecer, es necesario abarcar este tema. Aunque no se proyecte de forma total el impacto de la industria 4.0, si se debe establecer el campo de la automatización ya que aplicarla genera los costos más altos de dicha industria y es necesario que los gerentes de este sector conozcan sus respectivos beneficios en función de la inversión a realizar, además de ponerse a la vanguardia de la minería a gran escala.

## **2.6 Marco de Referencia**

### **2.6.1 Antecedentes.**

**2.6.1.1 Nacionales.** Cárdenas, Mauricio; Reina, Mauricio (2008). La minería en Colombia, impacto socioeconómico y fiscal. Fedesarrollo – Colombia. Publicación gubernamental – Cuaderno. El objetivo general de esta investigación es analizar el impacto socioeconómico y fiscal de la minería en Colombia. Se obtuvieron como resultados las condiciones sociales, económicas y fiscales, relacionadas con la explotación de minerales en Colombia, reglamentación y legislación en Colombia, estado empresarial minero y su aporte al PIB.

El aporte fundamental de esta publicación es la conceptualización del entorno económico en la explotación de minerales, además de proporcionar estadísticas del sector carbón en el departamento Norte de Santander. La metodología de análisis también es aplicable al desarrollo del presente proyecto.

Quintero, Miguel (2015). Seguimiento y control de las operaciones mineras de la mina de carbón Las Lajas, contrato de concesión No. 04-005-97, del municipio de Cúcuta, Norte de

Santander. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta – Colombia. Publicación Académica - Proyecto de Grado. En el proyecto se desarrolló un tipo de investigación descriptiva aplicada en la modalidad pasantía, mediante trabajo de campo en actividades de supervisión en la mina, para realizar un control de las labores, servicios y operaciones mineras, para plantear alternativas y propuestas que promuevan el desarrollo técnico, económico y de seguridad de la mina Las Lajas.

El aporte fundamental de esta publicación es la operación minera (extracción del carbón) en el departamento Norte de Santander, establecer las características de operación y el tipo de minas que posee el mismo.

Ahumada, María (2021). Impacto de la Industria 4.0 y la innovación social en la actualidad. Universidad Santo Tomás, Colombia. Se establecen los inicios de la industria 4.0 y la relación que tiene con la innovación social y como esta ha impactado hoy en día.

El aporte fundamental de esta publicación es el desarrollo de la innovación y aplicación de la industria 4.0 a nivel industrial, su descripción social y económica frente al entorno actual.

Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2014). Indicadores de la Minería en Colombia. Publicación Gubernamental. El objetivo general de la presente investigación es definir indicadores de gestión, económicos, de competitividad, sociales y ambientales frente al desarrollo minero en Colombia. Se establece la evaluación de indicadores en el sector minero a nivel nacional.

El aporte fundamental de la presente investigación es el establecimiento de los indicadores de gestión, económicos, sociales y de competitividad en la minería de carbón en Colombia.

**2.6.1.2 Internacionales.** Lohmann, Martin (1959). Las consecuencias económicas y sociales de la automatización. Revista de Economía y Estadística de la Universidad de Córdoba,

Argentina. Adaptación al español. Fuente Original Revista Zeichtrift - Universitat Kiel. Publicación Académica – Cuaderno. El objetivo general de esta investigación es analizar la automatización industrial desde la perspectiva social y económica. Se obtuvieron como resultados los criterios sociales y económicos del entorno industrial de la época, la intervención de los automatismos como reducción de tiempos en los procesos.

El aporte fundamental de esta publicación es la descripción de criterios sociales y económicos de la automatización industrial, a pesar de ser un texto antiguo, posee la conceptualización del entorno económico aplicado a la automatización en relación a mano de obra calificada, aunque los conceptos hayan venido cambiando con la revolución industrial 4.0.

Lopez, Melvin; Lovato, Sofia; Abad, Graciela (2018). El impacto de la cuarta revolución industrial en las relaciones sociales y productivas de la industria del plástico INPLASTIC S. A. en Guayaquil-Ecuador: retos y perspectivas. Revista Universidad y Sociedad - Universidad de Guayaquil, Ecuador. Publicación Académica - Artículo de Revista. El objetivo general de esta investigación es analizar las características de la Industria 4.0 que permitan identificar los impactos sociales y productivos tanto negativos como positivos en el mundo de manera general, para luego contextualizarlo de forma crítica en Ecuador y de modo particular en la industria de plásticos INPLASTIC S.A. Se determinan, además, los retos y perspectivas que deben permitir a INPLASTIC S.A. transitar de manera exitosa a la cuarta generación industrial. El análisis bibliográfico realizado de la Cuarta Revolución Industrial y su impacto social y productivo, ha permitido en un proceso dialéctico de lo general, a lo particular y de ahí a lo singular determinar los retos y perspectivas de la industria Inplastic S.A. en su proceso de transición a la Industria 4.0.

El aporte fundamental de esta publicación es la descripción del impacto técnico, social y económico de la industria 4.0 frente a una empresa de producción industrial, su enfoque es muy similar al enfoque del presente proyecto.

Robles, Ruth; Foladori, Guillermo (2018). Una revisión histórica de la automatización de la minería en México. Universidad Autónoma de Zacatecas. Publicación Académica - Artículo de Revista. El objetivo general del presente proyecto es reseñar los principales periodos del desarrollo de la minería en México y profundiza en el más reciente: la aplicación de la automatización. La mayoría de los análisis sociales sobre la minería se enfocan en el concepto de neo-extractivismo y hacen énfasis en las políticas económicas y los preciosos. La aportación de este estudio es sobre los datos de la revolución en las fuerzas productivas del sector minero, aspecto que puede ser igual de importante que los precios de los metales y la política económica en el sector para entender el contexto actual.

El aporte fundamental de esta publicación es la descripción de procesos mineros desde el más rudimentario hasta el más tecnificado, aplicando automatización a sus procesos, inversión y relación costo-beneficio de la tecnificación de la misma.

Bernal, Gabriel; Martínez, Ricardo; Medina, Fernando (2011). Impacto económico de las actividades mineras en la provincia de Jujuy. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación Gubernamental – Proyecto. El impacto de las actividades mineras en la provincia de Jujuy involucró, en la medición, a tres sectores económicos diferentes que, en mayor o menor medida, se relacionaron con la extracción primaria de rocas, minerales y metalíferos y no metalíferos. La cuantificación de estos sectores económicos, en términos de la economía total, abarcó el período 1993-2007, y el impacto medio de las actividades mineras en el PBG total de la provincia en el período de análisis fue de alrededor del 5%.

El aporte fundamental de esta publicación es la determinación del impacto económico de las actividades mineras, la productividad y producción de la minería en un determinado lugar.

Argüello, Samuel (2019). Los efectos de la automatización sobre el trabajo. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - Asesoría Técnica Parlamentaria. Publicación Gubernamental – Informe. El presente informe aborda la problemática de los efectos económicos de la automatización, especialmente sobre el mercado de trabajo y los trabajadores. Se trata de una introducción general que no pretende agotar la temática o hacer un análisis exhaustivo de los diferentes aspectos de la materia, ya que es un fenómeno muy complejo y con muchas aristas.

El aporte fundamental de esta publicación es establecer el entorno social de la aplicación de automatismos, así como sus respectivos efectos económicos tanto en la organización como en sus trabajadores.

Cabaleiro, Goretti (2019). Mercado Laboral y Género, Impacto de la Automatización. Observatorio Económico - Universidad Alberto Hurtado, Chile. Publicación Académica - Artículo de Revista. El objetivo general de esta publicación es definir el efecto del mercado laboral con la implementación de la automatización de procesos industriales. Se establece a la mujer como representante global en contra de la automatización de procesos industriales.

El aporte fundamental de la presente investigación es establecer las consecuencias de la automatización industrial frente a la problemática social de su implementación.

### **2.6.2 Marco Teórico**

**Automatización Industrial.** Para (Córdoba, 2006), la automatización industrial, considerada como el manejo de la información en las empresas para la toma de decisiones en tiempo real, incorpora la informática y el control automatizado para la ejecución autónoma y de forma óptima de procesos diseñados según criterios de ingeniería y en consonancia con los planes de la

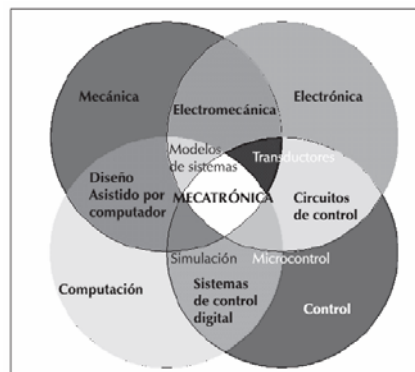


dirección empresarial. El concepto de automatización (del griego “autos” que significa por sí mismo y “maiomai” que significa lanzar), corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral.

Los procedimientos lógicos humanos se encomiendan a máquinas automatizadas especiales, ordenadores, las cuales procesan información mucho más rápido que el hombre, con la ayuda de modelos matemáticos que describen tanto la propia tecnología como la actividad analítica y reguladora humana. Es la presencia de sistemas automáticos de dirección en los procesos tecnológicos que aseguran su optimización sin la intervención directa del hombre. La producción adquiere así el aspecto de un ciclo automático que puede reestructurarse con rapidez y eficiencia.

Merriam Webster sugiere una interesante definición de automatización: método de controlar automáticamente la operación de un aparato, artefacto, proceso o sistema integrado por diversos componentes a través de medios mecatrónicos, electrónicos y computacionales que sustituyen los órganos sensitivos y la capacidad de decisión del ser humano.

La automatización es, esencialmente, la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática, que paulatinamente han venido tejiendo una convergencia reticular como es el universo específico de la mecatrónica, como se esquematiza en la Figura 1.



**Figura 1. Automatización: Una convergencia de Tecnologías**  
Fuente: (Córdoba, 2006)

La experiencia industrial nacional e internacional denota varias consideraciones que direccionan cómo acometer el proyecto de automatización, destacándose algunas pautas como el mejoramiento de estándares de calidad, la reducción de pérdidas en producción, el incremento de la repetibilidad y la estabilidad de los procesos de manufactura, la reducción del trabajo físico y repetitivo, obtención de mayor continuidad de la producción en días feriados, mejoramiento de la relación costo-beneficio, el predominio de visión abierta para dimensionar la necesidad, y selección de la oferta técnica y económica más viable en términos de tecnología de automatización.

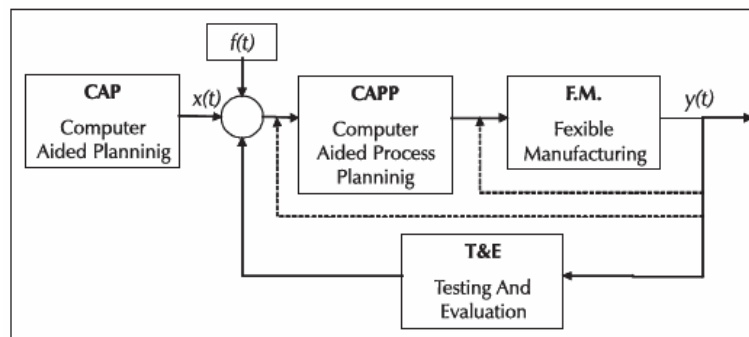
Por otra parte, es fundamental realizar la adecuada y certera definición del sistema automatizado (máquina-proceso) en cuanto a rangos requeridos de calidad, grado de fiabilidad y disponibilidad técnica, nivel de productividad (Throughput rates) (...el incremento de la productividad a largo plazo solo es sostenible a través de alzas en el valor agregado incorporado en la producción, es decir, de la relación producto / factores, entendido el producto como la innovación y los factores de eficiencia y productividad), garantía de asistencia tecnológica, nivel de automatización requerido y relación costo de inversión vs. utilidad / beneficio. (Córdoba, 2006).

**Ciclo del proceso de la automatización.** La historia del desarrollo de la automatización en la producción industrial se desenvuelve en dos grandes escenarios que definen tanto la eficiencia productiva de la manufactura: el componente tecnológico de los equipos y de los procesos que, por otro lado, es complementado con la eficacia organizacional del trabajo productivo. Ahora bien: desde el punto de vista de la estructura del proceso de manufactura, la automatización abarca los aspectos cualitativos y cuantitativos del proceso tecnológico.

En la parte cualitativa del proceso tecnológico se tienen asuntos como el tipo de proceso a utilizar (nivel de C&T incorporados), la estructura del flujo de proceso y de operaciones tecnológicas, la escogencia y adopción de la tecnología requerida (equipos, instrumentos, insumos, comunicación, etc).

En la parte cuantitativa del proceso tecnológico se establece el grado de diferenciación y concentración de la manufactura según criterios de productividad y calidad, el rango de parámetros de proceso de acuerdo con el plan maestro de producción, la distribución en planta de acuerdo con el CAPP. El modelo contemporáneo y competitivo de manufactura ágil y esbelta contiene en destacado nivel los aspectos cualitativos y cuantitativos de la manufactura industrial automatizada.

En la Figura 2 se ilustra por el autor una esquematización con diagramas de bloques de la creciente inserción de la variedad de aplicaciones de la automatización y las TIC, tecnologías de información y computación. en el entorno industrial manufacturero. (Córdoba, 2006)



**Figura 2.** Modelo hacia manufactura ágil en entorno automatizado  
Fuente: (Córdoba, 2006)

Se presentan abreviaturas en inglés por ser lo usual y estándar en la temática universal de los procesos de manufactura.

$x(t)$ : Plan general de producción variable en el tiempo

$y(t)$ : Salida de productos conformes y rentabilidad social, variables en el tiempo

$f(t)$ : Perturbación del entorno sobre el plan y condiciones de producción

**Primera etapa: automatización del ciclo del proceso de manufactura.** Paulatinamente se estructuró a partir del avance tecnológico de los tres sistemas básicos de una máquina:

Sistema motriz de impulsión

Sistema de transmisión y de ejecución funcional tecnológica

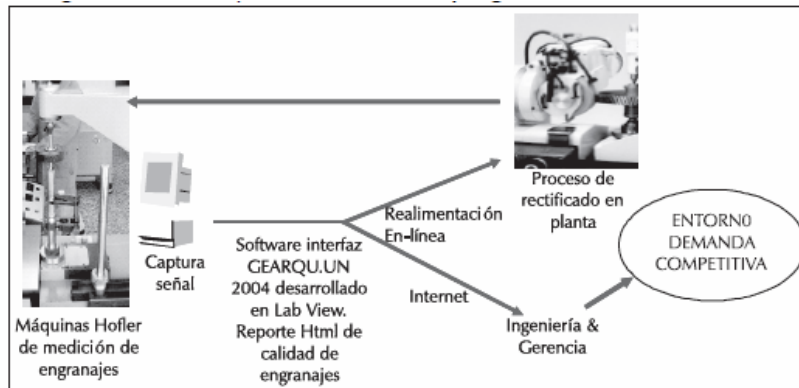
Sistema integrado de gobierno y control del proceso.

Los tres determinan la capacidad funcional operativa, la productividad y la calidad desplegada por la máquina. Recuérdese que, durante la ejecución del ciclo del proceso de manufactura, la máquina desempeña tanto trabajos de transformación de la calidad del producto que configuran los tiempos productivos, como también trabajos suplementarios de preparación y acondicionamiento del ciclo del proceso que conforman los tiempos improductivos.

La automatización industrial ha desplegado sus avances en estos dos dominios del ciclo de proceso de manufactura a partir de las máquinas automáticas monofuncionales hasta los hoy conocidas como centros de manufactura (Manufacturing Center CNC) y transfer machine programadas.

**Segunda etapa: automatización de sistemas de máquinas.** Tiene que ver con la automatización de un sistema integrado de máquinas y de su entorno para cumplir simultáneamente procesos de transformación, control y ensamblaje. La primera expresión de esta etapa fueron las líneas automáticas en producción que hoy se han transformado en celdas y sistemas flexibles de manufactura (FMS) con amplia inserción de la robótica y los robustos sistemas inteligentes de control automatizado. En la actualidad esta integración en red de procesos y máquinas se conoce como manufactura celular y modular, con elevada asimilación de automatización flexible.

En la Figura 3 (Córdoba, 2004) el autor muestra un ambiente integrado de automatización entre la esfera productiva y la gestión de operaciones de gerencia en la perspectiva de lograr flexibilidad y estabilidad en la manufactura, desarrollado como parte del proyecto de investigación Colciencias. Universidad Nacional. Industrias Ramfe Ltda.



**Figura 3. Ambiente integrado de la automatización**

Fuente: (Córdoba, 2006)

**Tercera etapa: automatización de la planta-empresa como un conjunto.** Se ha orientado hacia la automatización de toda la empresa como un sistema total (ver Figura 4). El paradigma de esta tendencia se expresa en el sistema integrado de manufactura -CIM-, que comprende no solamente la parte física de los procesos productivos, sino que también incluye el planeamiento, la logística y el control de la producción en función del entorno de la demanda y de las previsiones de las condiciones operativas para la producción en planta.

Este estadio de la automatización industrial es hoy alcanzable en virtud del adelanto en los sistemas informativos integrados en red y por la ascendente fiabilidad del componente físico de hardware (microelectrónica y mecánica de precisión).

A partir de los aportes de la Escuela Japonesa debe remarcarse que en la manufactura todo tiempo utilizado en actividades que no agregan valor al producto es considerado como

improductivo. En la filosofía del justo a tiempo son todas las pérdidas reseñadas por categorías MUDA, MURA, MURI. Hay dos etapas básicas de pérdidas por tiempos improductivos:

**Pérdidas en el ciclo del proceso:**

Suministro y transporte de material

Colocación y fijación del material

Acercamiento y retiro de los conjuntos móviles de trabajo en las máquinas.

Programación del ciclo de trabajo y su respectiva simulación operaciones de prueba y ajuste tecnológico de equipos.

**Pérdidas externas al ciclo del proceso.** Este tipo de pérdidas se agrupan en dos conjuntos. El primero se relaciona con aquellas causas técnicas de fiabilidad inducidas por el nivel inadecuado de calidad tecnológica de los equipos y de los procesos. El segundo grupo son aquellas pérdidas provenientes por la deficiente planeación y débil gestión de los procesos productivos. Esta tendencia de la tecnología blanda es quizás la más compleja de abordar y superar por su naturaleza menos abierta (menos técnica).

A manera de ilustración, se reseñan algunas fuentes de pérdidas:

Inapropiado nivel de gestión y gerencia.

Productos defectuosos por inestabilidad del proceso y deficiente reglaje de los equipos.

Preparación, colocación y reglaje de las herramientas e instrumentos, sin observancia de los paradigmas SMED u OTED (Single Minute Exchange of Dies . One Touch Exchange of Dies)

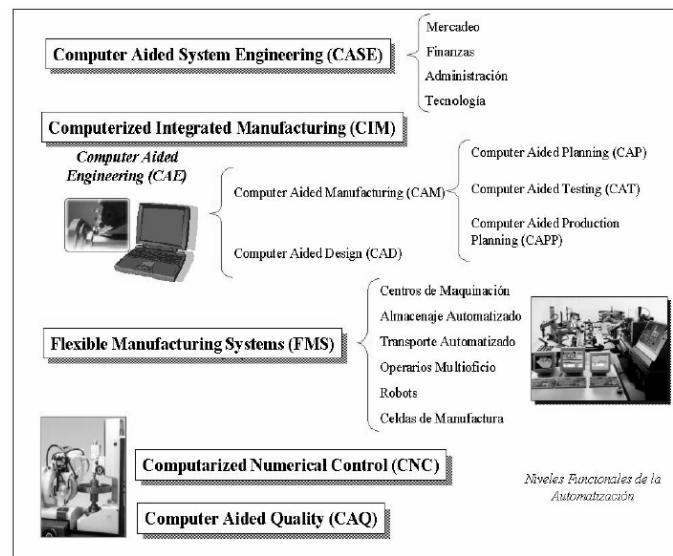
Trabajos de inspección y reparación en el mantenimiento correctivo de los equipos.

Preparación y preprocesamiento de materiales e insumos que no cumplen especificaciones de calidad.

Alistamiento y preparación tecnológica de los equipos y programas de control CNC por fuera del principio de ingeniería concurrente.

Incumplimiento del personal en producción por la calidad requerida del trabajo asignado. (Córdoba, 2006).

**Cinco niveles funcionales de la automatización.** La automatización industrial tiene diferentes manifestaciones y diferentes grados de consolidación en diversas actividades y áreas funcionales de las unidades productivas. Un modelo general que contempla los cinco niveles funcionales básicos de la automatización se muestra en la Figura 4.



**Figura 4. Niveles funcionales básicos de la automatización**

Fuente: (Córdoba, 2006)

Téngase en cuenta que los cinco niveles funcionales señalados en el recuadro corresponden a la estructura sintética que fundamenta el panorama de la automatización, según D Sohol y T.

Huges:

La estructura de un sistema industrial tiene su identidad específica que trasciende las características particulares de sus componentes. Por esta complementariedad orgánica los elementos del sistema deben manifestar índices de calidad, coherencia y compatibilidad.

La capacidad de autoorganización conduce inevitablemente a la formación de una estructura, de ahí que la automatización industrial obliga a entenderla y tratarla como un problema sistémico.

Los componentes fundamentales de un sistema tecnológico industrial se identifican en la categoría de los artefactos físicos (técnico y tecnológico) y en la de los actores orgánicos (organización).

Los niveles funcionales de la automatización se relacionan de manera orgánica y reestructurada con la estrategia de operaciones – gestión y gerenciamiento productivo, como negocio productivo integrado de la empresa como un todo, y el grado tecnológico funcional de los niveles de automatización se contextualizan y determinan por las necesidades actuales y futuras de la empresa en función del tipo de negocio-empresa que se proyecte: producción tipo taller Job Shop, producción loteada y seriada (Batching Production) y producción de alta escala de producción (Massive production). Como simple registro del paulatino avance del cambio tecnológico fundamentado en la automatización se referencian modelos postindustriales de manufactura automatizada: el japonés, el norteamericano y el europeo. Sin embargo, hoy se denota una dinámica de convergencia en el despliegue de la automatización tanto a nivel endógeno como exógeno y se evidencia un despliegue incesante hacia el modelo tecnológico de e-Engineering. Internet 2 y manufactura virtual para sintonizar y agrupar capacidades entre distintos actores y empresas o negocios, configurados como estructura reticular. (Córdoba, 2006).

**El modelo japonés.** Se ha basado en la filosofía del justo a tiempo (JIT); busca eliminar todo tipo de desperdicio, entendiendo como tal todas aquellas actividades que implican gastos o costos y no añaden valor al producto, tales como:



Inventarios en exceso

Partes defectuosas

Utilización no flexible de operarios o de máquinas

Descompostura y falla de máquinas

Tiempos destinados al manejo de materiales

Espacio físico mal utilizado.

La eliminación de desperdicios y fallos es objetivo permanente del mejoramiento continuo a través del método Kaizen. De otro lado, para responder eficazmente a los cambios de la demanda en cantidad y variedad de productos, los japoneses promueven la formación de celdas de manufactura basadas en los principios de la tecnología de grupos,

que requiere operarios multioficio, lo cual significa que estos deben estar en condiciones de operar varias o todas las máquinas que forman parte de una celda; así como la disposición de máquinas y equipos, herramientas y utillaje con prestación flexible y modular.

**El modelo estadounidense.** La manufactura integrada por computador (CIM) busca manejar todos los aspectos operativos de una empresa a partir de un computador central, tratando de evitar con ello la redundancia de algunos trabajos y mejorar la comunicación en todos los niveles y áreas operativas. Para tal efecto, se hace necesario automatizar una gran parte de las actividades productivas de la planta como un sistema dinámico complejo que modela, simula y controla todas las fases productivas y de gestión bajo el paradigma matricial multivariable y tensorial que discurre en tiempo real. (Córdoba, 2006).

**El modelo de la Comunidad Económica Europea.** La tecnología avanzada de manufactura en la Comunidad Europea se puede asimilar como una vía para configurarse como un modelo

casi híbrido e intermedio que asimila y desarrolla las potencialidades de los modelos japonés y estadounidense.

Además, merece destacarse que en razón de la competitividad de categoría mundial hoy no se puede asignar como exclusivo del modelo japonés el paradigma del Just in Time o Quick Time to Market; ni patentar en el modelo estadounidense el método de producción contra stocks Zero Level of Inventory, y más bien se aprecia una convergencia de complementariedad orgánica entre diferentes experiencias tecnológicas y productivas. (Córdoba, 2006).

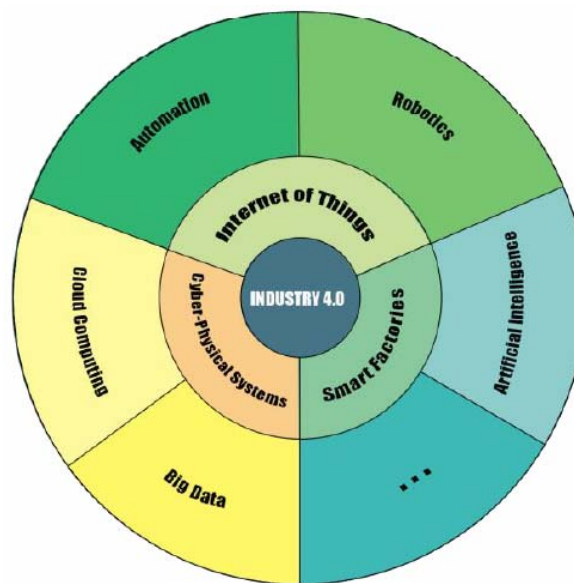
**Conceptos de Industria 4.0.** Un cambio de paradigma de los procesos de producción controlados centralmente a los descentralizados caracteriza la cuarta revolución industrial, que ha sido desencadenada por las crecientes capacidades de comunicación entre personas, máquinas y recursos. A pesar de que la Industria 4.0 es uno de los temas más populares en la actualidad, no existe una definición clara del concepto. Incluso los principales promotores, de “Industrie 4.0 Working Group” y la “Plattform Industrie 4.0”, no han proporcionado una definición clara junto con la visión, los objetivos principales, las tecnologías básicas y los escenarios seleccionados de Industria 4.0. (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020).

El término se hizo público en 2011, cuando una asociación de representantes de la empresa, la política y la academia se reunió en torno a la iniciativa “Industria 4.0”. El objetivo principal de la iniciativa es apoyar el fortalecimiento de la competitividad de la industria manufacturera alemana. Además, el gobierno federal alemán ha apoyado la iniciativa al incluir Industry 4.0 en la "Estrategia de alta tecnología 2020 para Alemania".

Los tres componentes clave de la Industria 4.0 según las primeras recomendaciones del “Grupo de Trabajo de la Industria 4.0” son el Internet de las Cosas (IoT), los Sistemas Ciberfísicos (CPS) y las Fábricas Inteligentes. (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020).

El IoT permite que las "cosas" equipadas con RFID, sensores, actuadores y dispositivos móviles interactúen entre sí y trabajen en colaboración para alcanzar objetivos comunes. Los CPS (Sistemas Ciber-físicos), son sistemas que integran computación, redes y procesos físicos, es decir, entrelazan profundamente componentes físicos y de software que interactúan entre sí de múltiples maneras adaptándose al contexto. Algunos de los ejemplos de CPS son la avaricia inteligente, los sistemas de automóviles autónomos, los sistemas de control industrial, los sistemas robóticos y el monitoreo médico. Finalmente, Smart Factories son sistemas conscientes del contexto que integran IoT y CPS para ayudar a personas y máquinas en la ejecución de tareas. Las fábricas inteligentes realizan sus tareas actuando sobre la información tanto del mundo físico (p. ej., la posición o condición de una máquina) como del mundo virtual (p. ej., documentos electrónicos, dibujos y modelos de simulación).

Además de estos tres componentes clave, Industry 4.0 se basa en otras ideas populares y temas de investigación como la automatización, la inteligencia artificial, los macrodatos y la computación en la nube. (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020).



**Figura 5. Rueda de la Industria 4.0**

Fuente: (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020)

Además, se espera que los robots, las máquinas que cooperan y se coordinan, los sistemas de toma de decisiones, los solucionadores de problemas autónomos, las máquinas de aprendizaje, la impresión 3D, etc., desempeñen un papel mucho más importante en la fabricación. La rueda Industria 4.0 en la Figura 5 representa algunos de los conceptos clave de Industria 4.0.

Se han encontrado cuatro principios que guían a los investigadores y profesionales hacia la Industria 4.0 basados en el análisis cuantitativo de textos y la revisión cualitativa de la literatura. Estos principios son: interconexión, transparencia de la información, decisiones descentralizadas y asistencia técnica. (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020).

**Minería del Carbón Subterráneo.** El carbón es generador de divisas y empleo en Colombia. Un ejemplo de esto es que en el año 2013 se recaudaron, por concepto de regalías de carbón, \$1,35 billones de pesos (Agencia Nacional Minera, 2014). Concentra el 47 % de la actividad minera nacional, y en los años 2011 y 2012 aportó el 1,8 % del PIB nacional (Contraloría General de la República, 2013). Aunque el carbón es un recurso no renovable, Colombia, por razones macroeconómicas, no puede dejar de extraer este mineral para tratar de garantizar su uso futuro. (Cardona & Carmona, 2017).

Además, en el ámbito mundial, el carbón seguirá siendo una fuente importante de energía a precios asequibles en el futuro inmediato. Por ello es necesario evaluar técnicas de extracción de bajo impacto que permitan desarrollar una minería responsable. (Cardona & Carmona, 2017).

Norte de Santander genera el 14% de las regalías del país, generando cerca de 350 mil empleos directos, y el 40% de los puestos de trabajo en el departamento, según (Guevara & Rodríguez, 2013).

### **Escenarios de la extracción del carbón subterráneo**

**Barroteo:** Es la acción de extraer el carbón del manto que, a su vez, puede ser ejecutada de tres formas: manual, con dinamita o con martillo percutor.

**Arrastre:** Se refiere a la acción de llevar el carbón desde el frente de trabajo hasta una vía principal dentro de la mina, que esté dotada de rieles y a la cual pueda acceder el coche o carro transportador. Esta actividad se realiza utilizando uno de tres diferentes elementos: estopa, caneca plástica o caneca plástica con recubrimiento de PVC en la base.

**Cocheo y malacateo:** En este, se procede a llenar el coche o carro transportador con el carbón que ha sido trasladado desde el frente de trabajo; una vez lleno, se procede a sacar el coche del interior de la mina con la ayuda de un malacate, el cual consiste en un motor eléctrico que recoge un cable metálico que está sujeto al coche.

**Selección:** Una vez extraído el carbón del interior de la mina, se procede a seleccionarlo según su diámetro. (Cardona & Carmona, 2017).

### **Maquinaria en la minería del carbón**

**Suministro de energía eléctrica:** Actualmente las minas utilizan la red de energía convencional y/o plantas de generación de energía por combustibles.

**Malacates:** Actualmente se utilizan malacates eléctricos controlados por lógica cableada y operadores en campo, en algunos casos también son usados malacates diesel.

**Ventiladores:** Existen de dos tipos de impulsión y extracción, son empleados para evitar la acumulación de gases en el interior de las minas y evitar accidentes de asfixia y/o explosión.

**Bombas centrífugas:** Las minas subterráneas se encuentran rodeadas de agua, a medida que se realiza la explotación, estas aguas inundan el interior de las mismas, por lo que se necesita extraerla continuamente.

**Analizador de gases:** Las minas subterráneas requieren de la medición de gases continuamente, estos procesos se pueden hacer de manera manual o automática, con el objetivo de establecer siempre los niveles mínimos de los mismos.

**Martillos percutores:** Se emplean para la realización del barreteo.

Todos estos equipos, pueden ser automatizados de forma parcial y/o total, sin embargo, se establece que en el departamento Norte de Santander, es poca la tecnología utilizada para ello.

### Herramientas de evaluación de impacto

**Metodología de la EVPA – Impacto social-** La European Venture Philanthropy Association EVPA, es una metodología de cinco pasos que permite medir el impacto de un proyecto y/o emprendimiento social, (Villanueva, 2017), sin embargo, es una metodología adaptable a proyectos de índole privada, que directa o indirectamente generan un impacto social. En la figura 6, se establecen las cinco etapas de la metodología EVPA.



**Figura 6. Etapas de la metodología EVPA**

Fuente: (Villanueva, 2017).

**Primera Etapa: Establecimiento de objetivos.** Para establecer los objetivos, se hace necesario abordar el tema desde la problemática social, estableciendo objetivos desde la perspectiva social del inversor y desde la perspectiva social del proyecto y hacer una comparativa para su establecimiento de forma lineal, que sean medibles, específicos, alcanzables, realistas y delimitados en el tiempo. (Villanueva, 2017).

**Segunda Etapa: Análisis de los Agentes involucrados (Stakeholders).** Para analizar a los agentes involucrados es necesario primeramente identificarlos, para lo cual se debe atender la clasificación que establece la EVPA, En la cual se dividen en dos grandes grupos, los contribuyentes y los beneficiarios, ambos pueden ser directos o indirectos. Los contribuyentes directos son aquellos que influyen directamente en el logro de los objetivos. En cambio, los contribuyentes indirectos son aquellos que también influyen en el logro de los objetivos, pero su acción no está plenamente identificada ni tampoco formalmente. Los beneficiarios directos son aquellos a los que el impacto el proyecto llega de manera inmediata, por su parte, los beneficiarios indirectos son aquellos que al tener una relación con los beneficiarios directos reciben algún beneficio directo e incluso sin tener una relación con ellos se benefician, cabe mencionar que para algunos proyectos sociales no hay beneficiarios indirectos o contribuyentes indirectos.

La identificación de los agentes se lleva a cabo a la luz de los objetivos del proyecto social. Es decir, que hay una relación entre objetivos y los destinatarios de los beneficios sociales. En el caso de que se enuncien una gran cantidad de agentes, estos deberán reducirse para tener a los más importantes, para lo cual hay dos preguntas que es necesario hacerlas para que, si fuera el caso, se reduzcan los agentes involucrados: hasta qué punto son tangibles los beneficios y las contribuciones aportados por estos agentes involucrados. (Villanueva, 2017).

Posteriormente, se deben identificar y comprender las expectativas de los agentes involucrados, las cuales pueden coexistir y por lo tanto no ser mutuamente excluyentes. La medición del impacto requiere las expectativas de los agentes involucrados, lo que conlleva a conciliar sus expectativas con los objetivos del proyecto social. En algunas ocasiones, existen diferencias en la manera en cómo deben materializarse los beneficios del proyecto social entre los agentes involucrados, lo que propicia que deben llegar a acuerdos en la materialización de los beneficios. En la tabla 1, se presenta la matriz de contribuyentes directos e indirectos que se puede utilizar en base a la EVPA. (Villanueva, 2017).

**Tabla 1. Matriz de contribuyentes directos e indirectos**

	DIRECTO	INDIRECTO
Contribuyente	Contribuyente directo, p. ej. Personal que trabaja en la entidad	Contribuyente indirecto, p. ej. Familia de ex recluso
Beneficiario	Beneficiario directo (positivo), p. ej. Ex recluso que es el objetivo de la entidad social	Beneficiario indirecto (negativo), p. ej. Las personas que no reciben ofertas de trabajo a causa de los ex reclusos que son empleados

Fuente: (Villanueva, 2017).

**Tercera Etapa: La Medición de resultados, impactos e indicadores.** Se recomienda que por cada contribuyente directo e indirecto se determinen los objetivos, los impactos y los resultados, así como también por cada beneficiario directo e indirecto, en el mismo mapa, representado por la tabla 2, para tener una visión panorámica de la relación entre los tres elementos centrales de manera que se puedan detectar inconsistencias, incongruencias e incluso duplicidades respecto de objetivos con resultados o de impactos con objetivos. Por otro lado, evitar a la vez las duplicidades entre los tres elementos de los contribuyentes y de los beneficiarios para así lograr su clara identificación.



**Tabla 2. Tabla estratégica de Objetivos, Resultados e Impactos ORI**

Contribuyente	Objetivos	Resultados	Impacto	Objetivos	Resultados	Impacto
Beneficiario	Objetivos	Resultados	Impacto	Objetivos	Resultados	Impacto

Fuente: (Villanueva, 2017).

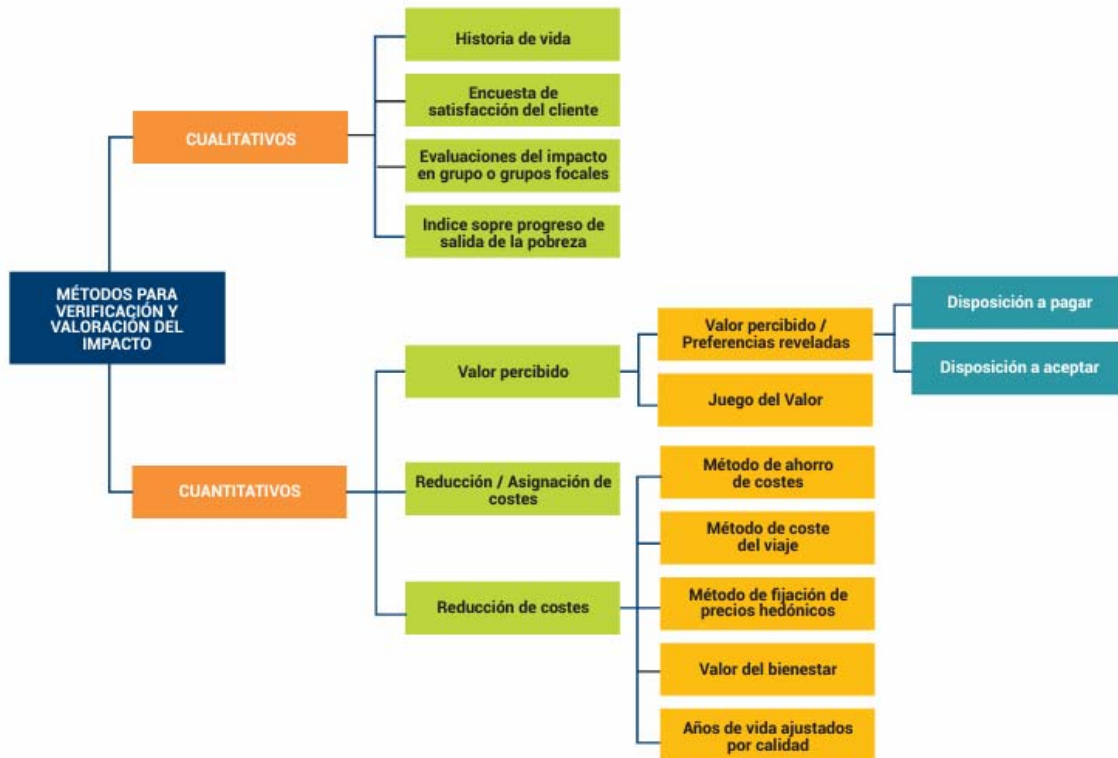


**Figura 7. Cadena de Valor del Emprendimiento social**

Fuente: (Villanueva, 2017)

**Cuarta Etapa: Verificación y valoración de impacto.** La evaluación del proyecto social se debe centrar en el cliente, empezando por los agentes involucrados más relevantes, es decir, por los beneficiarios principales. Esta evaluación se debe dar en dos momentos, el primero determinar si el resultado fue relevante para los beneficiarios y el segundo, verificar a partir del punto de vista del beneficiario, si lo fue, es decir, si le aportó el valor que esperaba. A lo anterior se le denomina como valoración de impacto. El valor que genera el proyecto social también denominado valor neto, es la diferencia entre los beneficios y los costes. Los beneficios están conformados por los atributos y resultados, a su vez los atributos, se relacionan con la creación de valor desde el punto de vista del marketing. Los resultados son los productos que reciben los principales agentes involucrados. Con respecto a los costes, estos están conformados por los

aspectos monetario (precio y costes) y no monetarios (tiempo, esfuerzo y costes). (Villanueva, 2017).

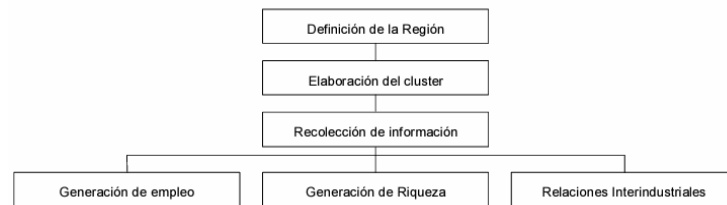


**Figura 8. Métodos para la verificación y valoración de impacto**

Fuente: (Villanueva, 2017).

**Metodología de medición de impacto económico de una empresa en su entorno.** La metodología considera las condiciones particulares de la empresa y la región, Cada empresa tiene su forma de distribuir el dinero en la economía regional. Por ende, la medición del impacto económico involucra la automatización de la empresa minera, la comunidad y el Estado.

Para medir el impacto económico se propone el seguimiento de los pasos que se muestran en la Figura 9. Allí se observan tres procesos concisos, los cuales tienen como resultado tres variables. Para un mejor entendimiento de la metodología se va a explicar cada proceso y posteriormente se va a mostrar cómo calcular las variables. (Rivera & Molina, 2006).



**Figura 9. Definición de la metodología de medición de impacto**

Fuente: (Rivera & Molina, 2006)

**Definición de la región de estudio:** La zona varía en función de los lugares en donde la empresa adquiere los bienes y servicios. Lo que es claro es que la población que se encuentra cerca a la empresa minera, será la más beneficiada por la presencia de la industria.

La importancia de limitar la zona, radica en que toda la información que se solicite o se genere en el estudio deberá concentrarse en la región que se eligió, puesto que de poco sirve conocer que la empresa adquiriera un insumo en un lugar fuera de la zona elegida, ya que este dinero no ingresará a la economía de la región de estudio.

**Elaboración del Clúster:** Se enfatiza en la búsqueda de los bienes y servicios que se obtienen en la región considerando los trabajadores, jubilados, contratistas y la misma empresa.

**Recolección de la información:** Es un proceso dispendioso que integra la información directa e indirecta. Se busca en lo posible tener información oficial y preexistente, pero si esto no fuere posible, se debe realizar una aproximación por medio de encuestas. (Rivera & Molina, 2006). En la Tabla 3 se presenta la información que se requiere en el estudio.

**Tabla 3. Información requerida para la medición del impacto económico de una empresa en su entorno**

VARIABLE	INFORMACION
Empleos	• Número de trabajadores de la empresa.
	• PIB de la región, por sectores económicos.
	• Empleos totales en la región de cada sector económico.
	• Los insumos que la empresa adquirió en la región.
	• Cantidad de contratistas que tiene la empresa
	• Consumo por sectores económicos del personal de la empresa.
	• Consumo por sectores económicos de los jubilados de la empresa.
	• Consumo por sectores económicos de los contratistas de la empresa.
	• Destinación por parte de los municipios de los impuestos de la empresa.
	• Inversión de la empresa en salud, educación e infraestructura.
Generación de Riqueza	• Consumo por sectores económicos del personal de la empresa.
	• Consumo por sectores económicos de los jubilados de la empresa.
	• Consumo por sectores económicos de los contratistas de la empresa.
	• Los insumos que la empresa adquirió en la región.
	• Impuestos que la empresa paga a los municipios, incluyendo el de industria y Comercio
Relaciones Interindustriales	• Los insumos que la empresa adquirió en la región.
	• Insumos de los sectores económicos

Fuente: (Rivera & Molina, 2006).

**Matriz de Leopold. Impacto ambiental.** La matriz de Leopold fue desarrollada en 1971, en respuesta a la Ley de Política ambiental de los Estados Unidos de 1969. La ML establece un sistema para el análisis de los diversos impactos. El análisis no produce un resultado cuantitativo, sino, más bien un conjunto de juicios de valor. El principal objetivo es garantizar que los impactos de diversas acciones sean evaluados y propiamente considerados en la etapa de planeación de un proyecto. (Ponce, 2010).

Aunque la matriz de Leopold, no da resultados cuantitativos, es posible identificar con ella los factores ambientales que se pueden impactar al implementar cualquier tipo de proyecto, dependiendo del factor, es posible convertirlo a un sistema de indicadores que permitan establecer el resultado en datos cuantificables.

**Procedimiento:**

- Declaración de los objetivos del proyecto.
- Análisis de las posibilidades tecnológicas para lograr el objetivo.
- Declaración de una o varias acciones propuestas, incluyendo alternativas que puedan causar impacto ambiental.
- Descripción de las características y condiciones del medio ambiente, antes del inicio de las actividades.
- Descripción de las acciones propuestas, incluyendo un análisis costo-beneficio.
- Análisis de los impactos ambientales de las acciones de las propuestas.

La Matriz de Leopold, debe elaborarse en base a un eje horizontal con las acciones que causan el impacto ambiental y un eje vertical con las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por dichas acciones. Posteriormente se hace una evaluación de impacto ambiental, según la puntuación que se le dé a cada una de las variables a evaluar. (Ponce, 2010).

La teoría que se encuentra plasmada en el presente proyecto aporta conceptos de automatización industrial, industria 4.0, conceptos de desarrollo minero subterráneo tanto en maquinaria como en la forma de extracción del carbón, así como, los ejes principales del proyecto los cuales son las formas de medición de impacto social, económico y ambiental, que juntas, darán aporte significativo al momento de desarrollar el proyecto.

### **2.6.3 Marco Conceptual**

**Automatización Industrial:** Es para (Córdoba, 2006), la convergencia de tres tecnologías, la mecánica, la electrónica y la informática, como se puede apreciar en la figura 1, de ahí se derivan otras ramas de la ingeniería que juntas proveen los elementos para que exista automatización industrial, sin embargo, es coherente pensar que los sistemas hidráulicos y neumáticos encajan también en dicha convergencia que no se menciona en los términos del autor.

**Industria 4.0:** Según (Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020), la industria 4.0 es la revolución industrial de la época, en donde para que pueda existir se requiere de tres pilares fundamentales, como el Internet de las cosas, los sistemas ciber-físicos y las fábricas inteligentes, sin embargo, se puede establecer que por sí sola, la automatización industrial, que hace parte del internet de las cosas, es la prioridad en la industria 4.0, es decir, sin automatización, no hay industria 4.0.

**Minería del carbón:** Según (Guevara & Rodríguez, 2013), Norte de Santander genera el 14% de las regalías del país, generando cerca de 350 mil empleos directos, y el 40% de los puestos de trabajo en el departamento, lo cual es un indicador de que la minería es uno de los ejes fundamentales de la economía del departamento, y no automatizar sus procesos, podría tender a desaparecer en base a nuevas normatividades potenciales mundiales.

**Impacto socioeconómico y ambiental:** Quizás una de las características más importantes, es determinar en datos cuantificables con indicadores reales, el actual y potencial estado de la minería en el departamento en función de la automatización de procesos industriales, la medición de dicho impacto requiere de herramientas como el EVPA, la matriz de Leopold y la metodología de medición de impacto económico, según los autores referenciados, sin embargo, se pueden adoptar otras metodologías según sea requerido.

**Desarrollo Sostenible:** Según la RAE, se entiende como el uso y disfrute de los recursos naturales que consigan el desarrollo económico y social de las poblaciones humanas, asegurando el mantenimiento y preservación para las futuras generaciones.

**Tecnología:** Según la RAE es el conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

**Innovación:** Es el resultado de combinar investigación con desarrollo en el ámbito empresarial.

#### **2.6.4 Marco espacial.** Universidad Francisco de Paula Santander.

Zonas rurales del Departamento Norte de Santander (Cúcuta, El Zulia, Bochalema, Sardinata y Tibú).

**2.6.5 Marco temporal.** Para el análisis y desarrollo de la investigación, se requiere de un periodo de 6 meses, contados a partir de la aprobación del presente anteproyecto.

## **2.7 Aspecto Metodológico**

**2.7.1 Tipo de estudio.** Según (Sampieri, 2014) la investigación de tipo explicativa se basa en la investigación descriptiva, pero explora la relación causal, donde se especifican las características de la población objeto de estudio, centrándose más en el “qué”, en lugar del “por qué”, por ende, al establecer el impacto socioeconómico y ambiental de la automatización

industrial en la minería del carbón de Norte de Santander.

### 2.7.2 Definición de la muestra y población objeto de estudio

**Definición de la población objeto de estudio:** Según (ANM, 2017) Existen 623 títulos mineros, de los cuales 281 pertenecen al carbón, esto define que la población objeto de estudio son 281 minas de carbón, donde la producción se centra en los municipios de El Zulia, Sardinata, Cúcuta, Bochalema, Salazar de las Palmas, San Cayetano y Durania.

**Definición de la muestra:** Basado en lo descrito por (López, 2004), la muestra es un subconjunto de la población donde se llevará a cabo la investigación y es una parte representativa de la población.

**Definición de muestreo:** Es el método utilizado para seleccionar a los componentes de la muestra total de la población. Para este caso se utilizará la estadística según plantea (López, 2004), estableciendo un margen de error, probabilidad y confiabilidad, empleando la siguiente fórmula:

$$m = \frac{N}{(N - 1) * K^2 - 1}$$

Donde:

“m” Muestra

“N” Población

“K” Margen de error (30%)

$$m = \frac{281}{(281 - 1) * (0,3)^2 - 1}$$

$$m = 11,6$$

Para la presente investigación, teniendo un margen de error del 30%, basado en la estadística y lo definido por (López, 2004) en función de la población objeto de estudio, se establece que la

muestra a tomar será de 12 minas de carbón del Departamento Norte de Santander, las cuales se enuncian a continuación.

### 2.7.3 Fuentes y Técnicas de recolección de Información. Operacionalización de Variables

**Tabla 4. Operacionalización de Variables**

Objetivos Específicos	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	Instrumentos	Item	Fuentes
Examinar la automatización industrial en los procesos de extracción que aplican en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.	Automatización industrial.	Procesos automatizables.	Cantidad de máquinas y/o procesos a automatizar	Observación directa	¿Cuántas máquinas y/o subprocesos poseen las minas y cuáles pueden automatizarse?	(Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020)
	Impacto socioeconómico y ambiental	Inversión	Costo de inversión por subproceso	Factibilidad Técnico-económica por subproceso	¿Cuál es el costo de la implementación de automatismos por cada subproceso?	(Seunovic, Pantelic, & Dimitrijevic, 2020)
		Productividad	Volumen de producción	Entrevista	¿Cuál es la producción mensual de carbón por mina antes y después de ser automatizada?	
		Actores beneficiados	¿Cuántos gremios se benefician de este tipo de proyectos de automatización?	Stakeholders internos y externos de las minas	¿Quiénes y como se benefician los actores relacionados?	(Villanueva, 2017)



<p>Realizar el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander.</p>	<p>Estado de los procesos de extracción de carbón frente a la automatización industrial</p>	<p>Procesos automatizables</p>	<p>Grado de incidencia en la automatización industrial por subproceso</p>	<p>Manual FIM de la automatización industrial en las organizaciones</p>	<p>¿Cuál es el grado de automatización en los subprocesos de extracción de carbón por mina actualmente?</p>	<p>(Rodríguez &amp; Gómez, 2010)</p>
<p>Determinar el impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander.</p>	<p>Impacto ambiental</p>	<p>Eficiencia energética</p>	<p>Relación costo beneficio</p>	<p>Matriz de Leopold</p>	<p>¿Cómo se beneficia el medio ambiente y la minería al</p>	<p>(Ponce, 2010).</p>

Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.	Impacto socioeconómico  Alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón	Impacto socioeconómico  Industria 4.0 hacia la transformación digital	Cálculo de SROI  Operación, mantenimiento y seguimiento de variables en tiempo real	Metodología de la EVPA  Consultoría de Sistemas SCADA en minería y análisis de datos Big-Data	implementar sistemas automatizados?  ¿Cómo y en qué proporción se benefician los actores involucrados?  ¿Cómo se establece un sistema SCADA en minería?  ¿Cómo se puede usar la big data en conjunto con los sistemas SCADA?	(Villanueva, 2017)  (Zuzana Papulova, 2022)
--	--	---	---	---	--	---

**2.7.4 Tratamiento de la información.** En base a (Serrano, 2013), se establecerá codificar las respuestas en una sola variable para después desdoblarla de forma casi automática en tantas variables dicotómicas como opciones se tenga. Aunque cada vez más se utilizan los cuestionarios en línea, todavía hay situaciones en las que se sigue utilizando el cuestionario en papel, por lo que hay que codificarlos y tabularlos, en aquellos en los que aparecen preguntas de respuestas múltiples, como será en este caso, haciendo uso de Ms Excel.

### 3. Desarrollo del Proyecto

#### 3.1 Definición de la población objeto de estudio

**Tabla 5. Población objeto de estudio**

ITEM	MINA	MUNICIPIO	EMPRESA EXPLOTADOR	UBICACIÓN
1	Fortaleza 5	El Zulia	Minas Fortaleza Norte SAS – Grupo Empresarial EXCOMIN	Vda El Mestizo
2	Fortaleza 2	Bochalema	Minas Fortaleza Norte SAS – Grupo Empresarial EXCOMIN	Vda La Selva
3	Fortaleza 1	Cúcuta	Minas Fortaleza Norte SAS – Grupo Empresarial EXCOMIN	Vda. Santa Cecilia
4	Fortaleza 7	Cúcuta	Minas Fortaleza Norte SAS – Grupo Empresarial EXCOMIN	Vda. San Pedro
5	Fortaleza 6	Sardinata	Minas Fortaleza Norte SAS – Grupo Empresarial EXCOMIN	Vda. La Floresta
6	Nivel 1	Bochalema	Carbones Carbonora S.A.S.	Vda La Selva
7	Nivel 2	Bochalema	Carbones Carbonora S.A.S.	Vda La Selva
8	Nivel 3	Bochalema	Carbones Carbonora S.A.S.	Vda La Selva
9	Nivel 5	Bochalema	Carbones Carbonora S.A.S.	Vda La Selva
10	Montgomery	San Cayetano	Carbones Carbonora S.A.S.	Vda. Tabiro
11	Maria Lyonza	El Zulia	Siervo Avendaño	Vda. Cerro González
12	Mina San Tomás	San Cayetano	Mina San Tomás S.A.S.	Vda. Ayacucho

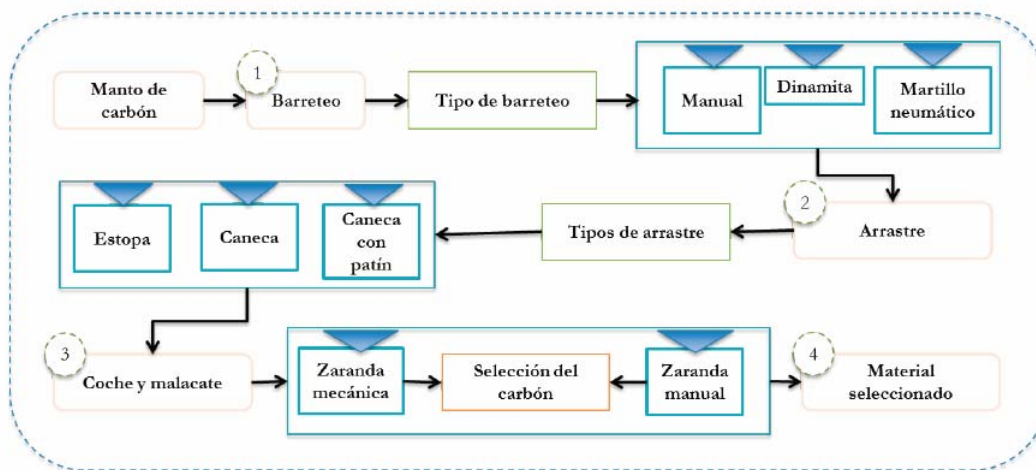
#### 3.2 Desarrollo de Objetivos Específicos

**Objetivo Específico 1:** Examinar la automatización industrial en los procesos de extracción que aplican en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.

**Metodología y herramientas:** Se empleó la literatura investigada con el fin de establecer mediante el método de observación directa cuáles son los procesos y/o subprocesos de la minería del carbón subterránea que pueden ser automatizados. Se estableció realizar un estudio de factibilidad teniendo en cuenta los costos de automatizar los procesos de extracción de carbón, bajo un valor estándar de inversión, sin embargo, este se muestra después del siguiente objetivo,

ya que se necesitó de una información obtenida posteriormente. Se creó una entrevista como herramienta para establecer el volumen de producción promedio actual de la población y se investigaron dentro de la misma entrevista cuales son los stakeholders internos y externos de la población objeto de estudio, estableciendo los contribuyentes y beneficiarios directos e indirectos.

Según (Cardona & Carmona, 2017), se identifican cuatro procesos unitarios que se deben tener en cuenta en los procesos de extracción de carbón subterráneo, los cuales son, el barroteo, el arrastre, el cocheo – malacateo y la selección.



**Figura 10. Procesos básicos de la extracción de carbón**

Fuente: (Cardona & Carmona, 2017)

**Barroteo:** Consiste en la extracción del carbón del manto y se puede realizar de forma manual, utilizando dinamita y utilizando martillos percutores, según lo observado en las minas de la muestra, este proceso, requiere de la intervención humana de forma directa, en cualquiera de sus formas, por lo que no es viable automatizar el proceso.

**Arrastre:** Consiste en transportar el carbón hasta los coches (vagones) y llenarlos, se hace uso de canecas plásticas. Este proceso puede automatizarse haciendo uso de bandas transportadoras internas y básculas para llevar el carbón a su respectivo coche, y puede ser monitoreado en tiempo real, sin embargo, dicha automatización depende directamente del espacio en el cual se encuentre el manto, ya que la infraestructura debe ser robusta.

**Cocheo – Malacateo:** Una vez el carbón se encuentra en el coche, el cual se encuentra sobre unos rieles, un malacate bien sea eléctrico o de combustión, se encarga de halar mediante un cable acerado el vagón hasta la superficie de la mina o del nivel respectivo. Este proceso se puede automatizar, haciendo uso de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos, pudiéndose también monitorear en tiempo real, haciendo uso de personal de forma directa o remota.

**Selección:** Una vez el coche se encuentra en la superficie o boca mina, este es llevado a una tolva para su respectivo almacenamiento, donde, dependiendo de la calidad de demuestre mediante observación es seleccionado para ocupar una de las tolvas, y es removida la peña que esté contaminando el mineral. Este proceso en la actualidad es muy difícil de automatizar, ya que depende directamente de la observación directa del encargado de patio de almacenamiento.

Partiendo de lo descrito por (Arias, 2022), los procesos de monitoreo de gases y sistemas de bombeo que se tienen internamente en las minas, también pueden ser automatizados, tal y como lo describe el autor, empleando un sistema de supervisión y control en tiempo real de dichos sistemas y utilizando diversos tipos de arranque en los motores trifásicos de inducción.

## **Tabla 6. Automatización industrial viable en los procesos de extracción de carbón**

Proceso	Automatización Industrial viable
Arraste	Este proceso puede automatizarse haciendo uso de bandas transportadoras internas y básculas para llevar el carbón a su respectivo coche, y puede ser monitoreado en tiempo real, sin embargo, dicha automatización depende directamente del espacio en el cual se encuentre el manto, ya que la infraestructura debe ser robusta.
Cocheo – Malacateo	Este proceso se puede automatizar, haciendo uso de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos, pudiéndose también monitorear en tiempo real, haciendo uso de personal de forma directa o remota.
Monitoreo de Gases y sistemas de bombeo	Sistema de supervisión y control en tiempo real de dichos sistemas y utilizando diversos tipos de arranque en los motores trifásicos de inducción.

**Desarrollo de la Entrevista.** Teniendo en cuenta dos de los objetivos específicos del proyecto, se realizó un sistema de variables original, para obtener el guión de la entrevista, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 7. Relación del guión de entrevista con los objetivos específicos**

Objetivos Específicos	Variables	Dimensiones
Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.	- Indicadores de medición de impacto	- Producción - Stakeholders - Impacto social, económico y ambiental
Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.	- Alternativas para la automatización industrial en minas	- Otras alternativas para mejorar el impacto ambiental al automatizar procesos mineros

Fuente: Anexo 1.

**Tabla 8. Relación del Guión de entrevista con las dimensiones iniciales**

Dimensiones	Indicadores	Ítem entrevista
Producción	- Cantidad de producción de carbón mensual	1
	- Cantidad de personal administrativo	2
	- Cantidad de personal operativo	3
	- Costos de mantenimiento	4
Stakeholders	- Personal contribuyente directo	5
	- Personal contribuyente indirecto	6
	- Personal beneficiario directo	7
	- Personal beneficiario indirecto	8
Impacto social, económico y ambiental	- Insumos requeridos y cantidades	9
	- Cantidad de contratistas requeridos	10
	- Gastos de combustible	11
	- Costos en energía eléctrica	12
Otras alternativas para mejorar el impacto ambiental al automatizar procesos mineros	- Alternativas en reducción de costos que usen tecnologías y reduzcan efectos ambientales	13

Fuente: Anexo 1.

Teniendo en cuenta las dimensiones e indicadores, se procede a crear las preguntas del guión de la entrevista y a validar con expertos para poder realizar la aplicación de la misma. A continuación, se enuncia el guión obtenido, validado y aplicado en cada una de las minas, realizando la entrevista a los jefes de mina correspondientes.

#### Guión de Entrevista

- ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?
- ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?
- ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?
- ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?
- ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?
- ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?
- ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?
- ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?
- ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?
- ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?
- ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?
- ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

- ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Una vez aplicada la entrevista a los jefes de mina de la muestra de la población, se obtuvo un cuadro de categorías emergente, con el cual se procede a generar una base de datos y análisis de los mismos en Excel.

**Tabla 9. Sistema de categorías emergente.**

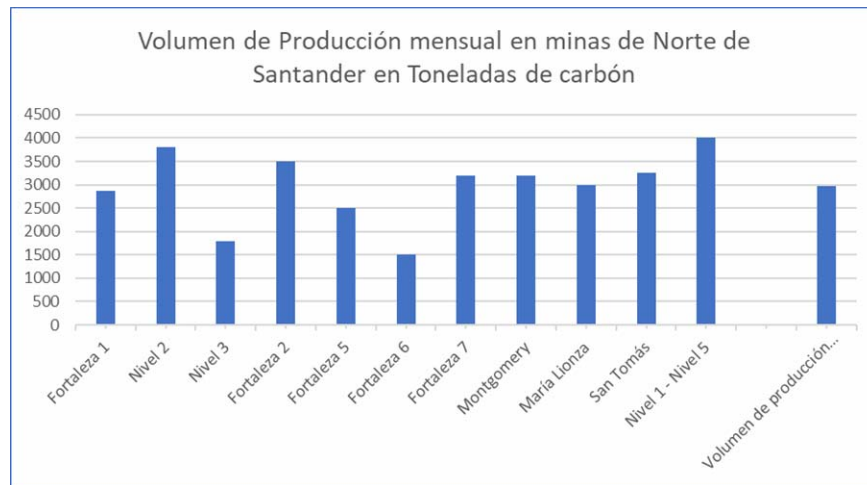
Códigos		Dimensión	Variables	Objetivos específicos
N°	Nombre			
1	Volumen de Producción mensual	Producción		Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.
2	Volumen de Producción promedio mensual			
3	Costos de mantenimiento por producción			
4	Personal administrativo y operativo promedio por producción			
5	Insumos requeridos para la producción			
6	Contribuyentes y beneficiarios directos e indirectos	Stake Holders	Indicadores de medición de impacto	
7	Gasto de combustible ACPM (Diesel) según producción e impacto que genera su uso.	Impacto social, económico		
8	Comunidades como beneficiarios indirectos de los proyectos de automatización.			
9	Costos por producción en energía eléctrica para funcionamiento			
10	Generación de energía con sistemas fotovoltaicos	Otras alternativas para mejorar el impacto ambiental al automatizar procesos mineros	Alternativas para la automatización industrial en minas	Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social.
11	Disposición final de residuos sólidos			
12	Tratamiento de agua potable y residual			

Fuente: Anexo 1.

El Sistema de categorías emergente genera las variables requeridas para dar solución a los objetivos específicos enunciados, tal como se ve reflejado a continuación:

**Volumen de producción promedio:** En Norte de Santander, según los datos adquiridos, el volumen de producción promedio mensual en una mina es de 2965 toneladas de carbón. Ver Anexo 4 (Pestaña Volumen de Producción).



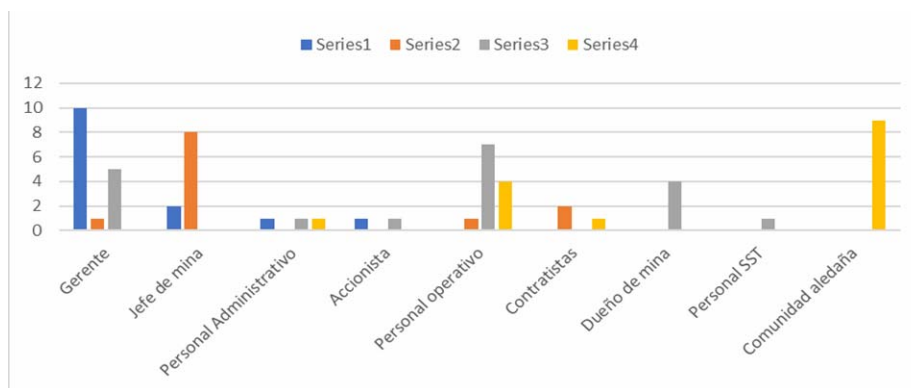


Stakeholders:

**Figura 11. Volumen de producción de carbón en minas de Norte de Santander**

Fuente: Anexo 4.

**Stake Holders de la población objeto de estudio:** Los stake holders son los actores que directa o indirectamente intervienen en el desarrollo de los proyectos, para este caso se determinaron los contribuyentes y beneficiarios directos e indirectos a partir de la entrevista realizada, posteriormente se compararon las respuestas y según mayor repetición se clasificó de la siguiente manera (Ver anexo 4, Pestaña Stake Holders):



Series 1	Series 2	Series 3	Series 4
Contribuyente Directo	Contribuyente indirecto	Beneficiario Directo	Beneficiario Indirecto

**Figura 12. Establecimiento de Stake Holders**

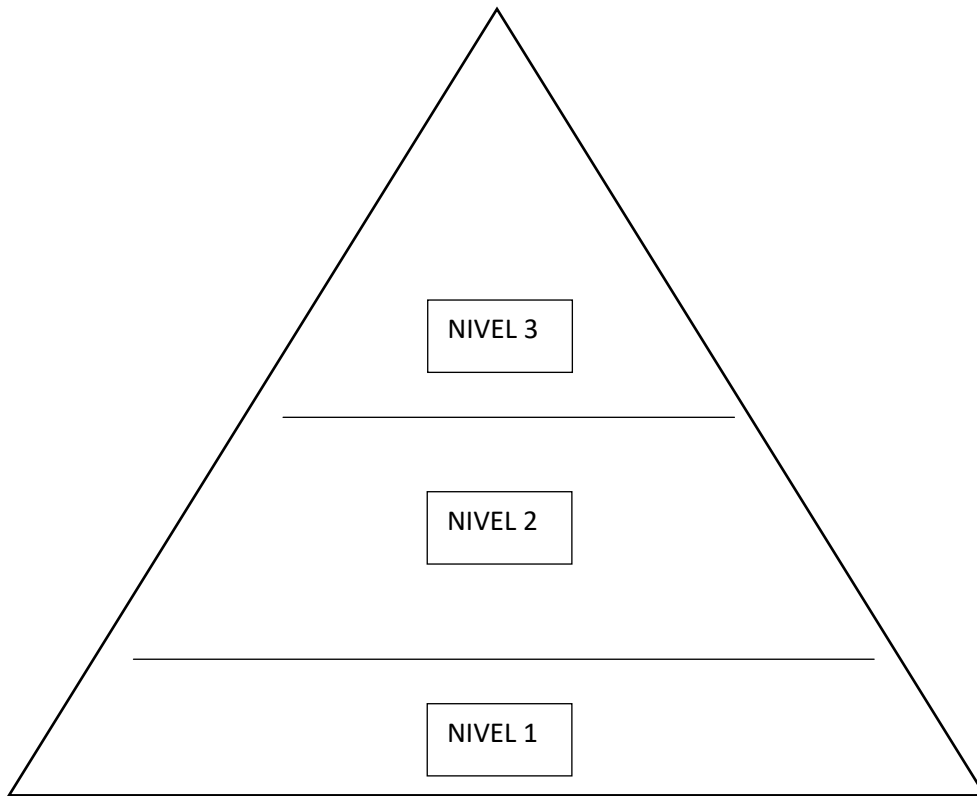
Fuente: Anexo 4.

Según conteo realizado en el análisis de datos se establece en color azul como Contribuyente directo al Gerente, en color naranja opaco como contribuyente indirecto al Jefe de mina, en color gris como beneficiario directo al Personal operativo y en color naranja claro como beneficiario indirecto a la Comunidad aledaña.

**Objetivo Específico 2:** Realizar el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander.

**Metodología y herramientas:** Se creó un manual FIM dedicado a la automatización industrial en procesos mineros, con el objetivo de establecer de forma cuantificable el grado de automatización de las organizaciones dedicadas a la extracción de carbón subterráneo, posteriormente se implementó dando a conocer sus resultados (Ver Anexo 2 y 3 respectivamente).

**Manual FIM de la Automatización Industrial:** Definición de Nivel de automatización industrial. Cuando se establece un “nivel”, se establece una escala de medida, dicha escala depende directamente de la percepción y del origen, es así que, para establecer la escala de automatización, se plantea establecer una pirámide de escala de automatización, la cual no debe confundirse con la pirámide de automatización, la cual identifica la integración de los elementos que intervienen en la automatización industrial.



**Figura 13. Escala de Automatización Industrial**

Fuente: Anexo 2.

Se establecen los niveles de automatización en función de escala para determinar que tanto se encuentra automatizada una mina de carbón subterráneo.

**Nivel 1:** Se establece el nivel más básico, donde todos los motores trifásicos de inducción, bien sea para bombeo, malacateo, ventilación ó arrastre se encuentran funcionando con lógica cableada, haciendo uso de tableros con contactores, disyuntores, pulsadores y protecciones que permiten tener una correcta producción con alto riesgo de operación, el cableado y las cajas de distribución y/o control pueden cumplir o no con los requerimientos de la normatividad RETIE. Se realiza medición de gases de forma manual.

**Nivel 2:** Se cumple el nivel 1, sin embargo, se puede observar el uso de elementos como arrancadores suaves y variadores de velocidad en un rango del 60% de los equipos que los requieren, que permiten integrar en futuras conexiones sistemas de telemetría, se da

cumplimiento en un 50% a la normatividad RETIE. Se realiza medición de gases de forma manual.

**Nivel 3:** En este nivel se cumple en su totalidad el nivel 2, sin embargo, se logra apreciar la implementación de sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), se cumple en su totalidad la norma RETIE y se cumplen con las características de automatización viable establecidas en la tabla 1.

**Manual FIM de la Automatización Industrial:** El Manual FIM es un instrumento que sirve para medir la capacidad de gestión de la calidad y la productividad de las PYME's, donde se asumen 13 áreas funcionales que se deben evaluar dentro de una organización para establecer estrategias y/o propuestas de mejora continua.

El Manual FIM de la Automatización Industrial, es un instrumento, que servirá para medir el nivel de automatización (escala) de una mina de carbón, basado en los procesos que son viablemente automatizables (tabla 1), se toma como base la metodología de evaluación del Manual FIM, para el desarrollo del instrumento.

### **Elementos del Manual FIM de la Automatización Industrial**

Razón Social:

NIT:

Dirección:

Teléfono:

Representante Legal:

Esquema General del proceso de producción

#### **Instrumento de Evaluación:**

##### **Proceso 1. Arrastre**

**Tabla 10. Evaluación proceso de arrastre**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
1.0	Arrastre	80
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20

Fuente: Anexo 2.

**Proceso 2. Cocheo - Malacateo****Tabla 11. Evaluación Cocheo-Malacateo**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
2.0	Cocheo - Malacateo	50
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20

Fuente: Anexo 2.

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

**Tabla 12. Evaluación Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación.**

Item	Descripción	Puntaje
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25
3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20

Fuente: Anexo 2.

A partir de la observación de los procesos de viable automatización en cada mina donde sea aplicado el instrumento, se otorgará una calificación, que permita identificar el nivel de automatización de la planta siendo la puntuación de la siguiente manera dando la respectiva escala:

**Tabla 13. Baremo de la clasificación de escalas de automatización industrial en minas**

Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina	
Nivel de automatización industrial en mina	Rango de puntuación mínima
Nivel 1	50 - 129
Nivel 2	130 - 199
Nivel 3	200 - 230

Fuente: Anexo 2

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

Aplicando el manual FIM a la población objeto de estudio, se obtuvo:

**Tabla 14. Tabla de Resultados Manual FIM de la Automatización Industrial**

Item	Mina	Nivel de automatización	Puntaje
1	Fortaleza 1	Nivel 1	96
2	Nivel 2	Nivel 1	126
3	Nivel 3	Nivel 1	95
4	Fortaleza 2	Nivel 1	128
5	Fortaleza 5	Nivel 1	85
6	Fortaleza 6	Nivel 1	75
7	Fortaleza 7	Nivel 1	96
8	Montgomery	Nivel 1	123
9	María Lionza	Rudimentario	46
10	San Tomás	Nivel 1	120
11	Nivel 1	Nivel 1	98
12	Nivel 5	Nivel 1	95

Fuente: Anexo 3.

En la tabla 14, se puede observar que el nivel máximo de automatización en las minas de Norte de Santander es Nivel 1, lo que manifiesta claramente que existe un déficit de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en el departamento Norte de Santander, resaltando que solo el 8,34% de la población objeto de estudio posee un nivel rudimentario, y el 91,66% implementan en gran medida automatismos básicos para su funcionamiento.

**Objetivo Específico 3:** Determinar el impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander.

**Metodología y herramientas:** Se realizó un análisis de la información recolectada, la cual se clasificó en el ámbito social, económico y ambiental, de tal forma que se pudo establecer el impacto de forma cuantitativa, haciendo uso de herramientas como la Metodología de la EVPA,

la Metodología de medición de impacto económico de una empresa en su entorno y la Matriz de Leopold respectivamente.

### Ámbito Social – Matriz EVPA

Teniendo en cuenta la información recopilada en la entrevista (Anexo 1), se procede a identificar los actores asociados según la siguiente tabla:

**Tabla 15. Actores según entrevista aplicada**

ACTORES - STAKE HOLDERS				
	Contribuyentes Directos	Contribuyentes indirectos	Beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos
Fortaleza 1	Gerente	Jefe de mina	Personal administrativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 1			Personal operativo	
Nivel 2	Gerente	Personal Operativo	Titular de mina	Personal operativo
Nivel 2	Personal administrativo	Contratistas	Dueño de mina	Personal administrativo
Nivel 2			Gerente	
Nivel 3	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Comunidad aledaña
Nivel 3			Gerente	
Nivel 3			Personal Operativo	
Fortaleza 2	Gerente	Jefe de mina	Gerente	Comunidad aledaña
Fortaleza 2	Accionista		Accionista	Personal operativo
Fortaleza 5	Gerente	Contratistas	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 5	Jefe de mina			
Fortaleza 6	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 7	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 7			Personal SST	Contratistas
Montgomery	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Montgomery		Ingenieros de campo		
María Lionza	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Personal operativo
María Lionza			Gerente	
San Tomas	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Personal operativo
San Tomas			Gerente	Comunidad aledaña
Nivel 1-5	Jefe de mina	Gerente	Personal operativo	Comunidad aledaña

Fuente: Anexo 4.

Una vez clasificada la información obtenida de la entrevista, se realizó un cuadro comparativo, con el fin de obtener los actores correspondientes a ser contribuyentes y beneficiarios directos e indirectos.



**Tabla 16. Conteo de Comparación Stake Holders**

CONTEO DE COMPARACIÓN				
Gerente	10	1	5	0
Jefe de mina	2	8	0	0
Personal				
Administrativo	1	0	1	1
Accionista	1	0	1	0
Personal operativo	0	1	7	4
Contratistas	0	2	0	1
Dueño de mina	0	0	4	0
Personal SST	0	0	1	0
Comunidad aledaña	0	0	0	9
<b>Actores Finales</b>	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña

Fuente: Anexo 4.

Basado en la tabla 16, se obtuvo la figura 12, anteriormente mostrada, y es la base para la selección de los Stake Holders asociados para generar la matriz EVPA:

**Tabla 17. Matriz EVPA**

	Actor	Objetivos	Resultados	Impacto
<b>Contribuyente Directo</b>	Gerente	Encargado de la gestión de los proyectos de automatización	En el 83,33% de los casos se considera como el contribuyente directo.	Establece el rubro de inversión destinado a mejorar la automatización de procesos dentro de la mina.
<b>Contribuyente Indirecto</b>	Jefe de mina	Encargado de mantener en funcionamiento la mina y una correcta producción.	En el 66,66% de los casos, se considera al jefe de mina como un contribuyente indirecto en la automatización de procesos mineros	Establece las condiciones requeridas por la mina en función del volumen de producción y reducción de costos.
<b>Beneficiario Directo</b>	Personal Operativo	Encargado de ejecutar labores de extracción de carbón y mantenimiento de la mina	En el 58,33% de los casos se considera como beneficiario directo al automatizar procesos mineros	Se reducen las actividades que ejecuta, así como la interacción hombre-máquina, por lo que reduce los riesgos a accidentes.
<b>Beneficiario Indirecto</b>	Comunidad aledaña	Velar por los intereses de la comunidad	En el 75% de los casos se considera como un beneficiario indirecto al automatizar procesos mineros.	Se realiza mayor empleabilidad de personal de la zona, arreglos de carreteras y mejor Economía en las comunidades aledañas.

## Ámbito Económico

**Elaboración del Clúster:** Se establecen las condiciones económicas en cuanto a bienes y servicios que la minería del carbón aporta al departamento:

Promedio de empleados por mina: 103

Promedio de contratistas por mina: 1,9

Industrias asociadas a la venta de insumos: 6

PIB explotación minera Norte de Santander: 6,3%

Se denota un alto volumen de empleos directos e indirectos (Contratistas), en la economía del departamento, adicionalmente se observa que existe un buen número de industrias asociadas en la venta de insumos requeridos por la minería del carbón, ahora bien, asociar la prestación de servicios de automatización, podría aumentar la cantidad de industrias asociadas en 2 ó 3 unidades dependiendo del tipo de automatización a utilizar, aumentado de esta forma parte del PIB debido al aumento de productividad y también significativamente el número de empleos indirectos.

Adicionalmente se genera riqueza para la nación con unas regalías del 18% y una retención en la fuente del 2,5% sobre el valor de la tonelada de carbón producida, a hoy el precio del carbón dependiendo del tipo al que pertenezca puede oscilar entre \$450.000 COP y \$800.000 COP, con un costo de producción promedio de \$290.000 y un precio promedio de \$625.000 COP.

Lo cual deja un promedio de regalías de \$112.500 COP y retención en la fuente de \$15.625, para una generación de riqueza regional de \$128.125 COP en promedio por tonelada de carbón producida en el departamento.

De esta forma se genera también un margen de ganancia amplio para las empresas mineras, lo cual determina que existe la viabilidad de inversión en proyectos que involucren procesos automatizados en sus minas, orientando así al departamento poco a poco hacia la industria 4.0.

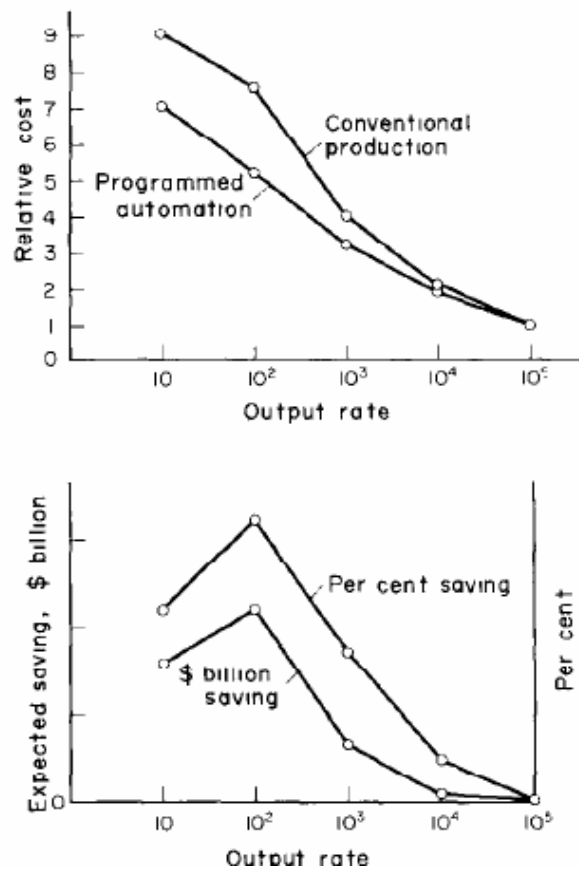
**Costo de Inversión de un proyecto de automatización en minería:** Se realizó la aplicación del Manual FIM de la Automatización y se obtuvo que dentro de los activos (maquinaria y equipos), que actualmente utilizan las minas del Departamento para la producción de carbón, la mina con el nivel más bajo es la Maria Lionza, con un nivel de automatización rudimentario, por lo que, es fácil determinar que el costo de automatización en la misma basado en comparativa con los niveles de producción es la que cuya automatización es más costosa, con un costo de inversión de \$141.155.700 COP, según el anexo 5, donde se cotizo con IEMAC J&H S.A.S., una empresa de la región dedicada a la automatización de procesos industriales, los siguientes costos:

**Tabla 18. Cotización de Automatización de Procesos mineros**

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor total
1	Diseño, construcción y montaje mecánico de banda transportadora de 12 mts de longitud para arrastre de carbón	1	Global	\$45.232.700	\$45.232.700
2	Suministro e instalación del sistema de arranque con variador de frecuencia para banda transportadora	1	Global	\$22.756.200	\$22.756.200
3	Suministro e instalación de báscula de pesaje	1	Global	\$6.750.000	\$6.750.000
4	Suministro e instalación del sistema de arranque con variador de frecuencia para malacate	1	Global	\$18.756.800	\$18.756.800
5	Suministro e instalación del sistema de sensores para medición y control de gases – monitoreo de sistemas de bombeo	1	Global	\$26.600.000	\$26.600.000
6	Suministro e instalación de RTU, MTU, Sistema SCADA, configuración e integración de los sistemas	1	Global	\$45.000.000	\$45.000.000
<b>Total</b>					<b>\$141.155.700</b>

Fuente: Anexo 5.

Teniendo en cuenta lo planteado por (Nake, 1974) en su figura 1, los costos de producción en industrias automatizadas frente a industrias convencionales, pueden bajar en cerca de un 20%, por lo que se parte de dicha premisa, teniendo en cuenta que actualmente el costo de producción en minas es en promedio \$290.000.000 COP por tonelada extraída, se tendría en proyección un costo promedio en producción promedio de \$232.000.000 COP por tonelada producida, y basados en que la producción promedio en una mina es de 2965 Toneladas en el mes, se tendría un ahorro constante de \$58.000.000 COP por tonelada y neto mensual de \$171.970.000 por mes, lo que se establece un retorno de inversión al inicio del segundo mes de producción con una pequeña utilidad de \$30.814.300 COP.



**Figura 14. Comparativa de Costos de un sistema convencional frente a un sistema automatizado.**

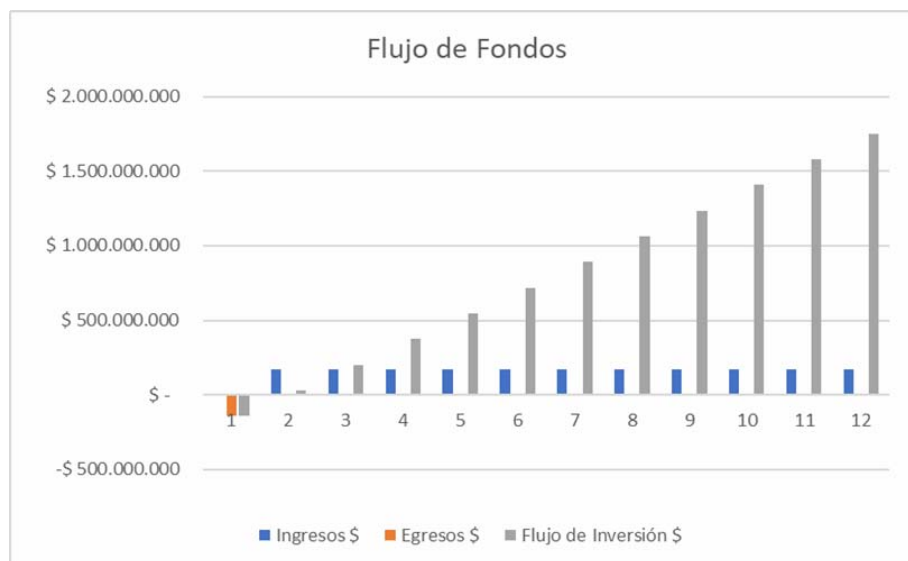
Fuente: (Nake, 1974)

Se procede posteriormente a realizar un cuadro de flujo de fondos como se aprecia en el anexo 1 en la pestaña Ámbito económico y se obtiene:

**Tabla 19. Flujo de Fondos**

Mes	Ingresos \$	Egresos \$	Flujo de Inversión \$
1		-\$ 141.155.700	-\$ 141.155.700
2	\$ 171.970.000		\$ 30.814.300
3	\$ 171.970.000		\$ 202.784.300
4	\$ 171.970.000		\$ 374.754.300
5	\$ 171.970.000		\$ 546.724.300
6	\$ 171.970.000		\$ 718.694.300
7	\$ 171.970.000		\$ 890.664.300
8	\$ 171.970.000		\$ 1.062.634.300
9	\$ 171.970.000		\$ 1.234.604.300
10	\$ 171.970.000		\$ 1.406.574.300
11	\$ 171.970.000		\$ 1.578.544.300
12	\$ 171.970.000		\$ 1.750.514.300

Fuente: Anexo 6.



**Figura 15. Gráfica del comportamiento del flujo de fondos en la inversión**

Fuente: Anexo 6.

Según la figura 15, se puede denotar, a inicios del segundo mes ya se estaría obteniendo una rentabilidad, con un VAN positivo y una TIR del 122% frente a un interés alto de 10%, según lo calculado en la tabla 20, se deja un interés del 10% MV para dar una tasa de interés alta y ver que la repercusión no excede los límites, aun con intereses altos.

**Tabla 20. Cálculo de VAN y TIR de la inversión**

<b>VAN</b>	\$ 975.799.941
<b>TIR</b>	122%
<b>Tasa MV</b>	10%

Fuente: Anexo 6.

### Ámbito Ambiental – Matriz de Leopold

- Declaración de los objetivos del proyecto.  
Determinar el impacto ambiental de la implementación de automatismos industriales en minas de carbón del departamento Norte de Santander.
- Análisis de las posibilidades tecnológicas para lograr el objetivo.  
La implementación de nuevas tecnologías asociadas a la automatización de procesos mineros, tales como el uso de controladores, variadores de velocidad, sensores, y actuadores entre otros, permiten controlar, monitorear y registrar en tiempo real las diversas variables asociadas a la minería y sus equipos, permitiendo también un uso eficiente de la energía eléctrica.
- Declaración de una o varias acciones propuestas, incluyendo alternativas que puedan causar impacto ambiental.  
Uso eficiente de la energía eléctrica
- Descripción de las características y condiciones del medio ambiente, antes del inicio de las actividades.  
Según la UPME (Cálculo del factor de emisión de CO<sub>2</sub> del sistema eléctrico interconectado colombiano. P.14), El estándar por cada 1GW de energía generado, genera 286 Toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Según Jaya (2014), una mina de carbón puede producir en promedio 5,22 Toneladas de CO<sub>2</sub> al año, con un promedio de 0,018GW de energía al año en consumo propio.

Por lo que 281 minas de carbón podrían generar aproximadamente 1467 Toneladas de CO2 en un año.

- Descripción de las acciones propuestas, incluyendo un análisis costo-beneficio.

Con el uso eficiente de la energía eléctrica, es viable reducir en un rango del 10% al 50%, según la UPME, el consumo energético en cada una de las minas que implementen automatismos, cuyo beneficio será reflejado en el consumo de combustibles tanto para costos del mismo, como para la reducción de emisiones de CO2.

- Análisis de los impactos ambientales de las acciones de las propuestas.

De esta forma, es posible reducir entre 0,522 y 2,61 Toneladas de CO2 al año, con la mínima implementación de automatismos en cada mina que comience a automatizar sus procesos y a mejorar la eficiencia energética de sus equipos que requieren energía eléctrica.

### **Impacto socioeconómico y ambiental de la automatización de procesos mineros. Matriz**

DOFA Social frente a la automatización industrial

**Tabla 21. Matriz DOFA Social frente a la automatización industrial.**

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden verse amenazados algunos puestos de trabajo.</li> <li>• Desconocimiento frente a conceptos técnicos de automatización e industria 4.0 por parte del personal de las minas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de accidentes laborales.</li> <li>• Reducción en la interacción hombre-máquina.</li> <li>• Monitoreo, control, registro y visualización de variables en tiempo real.</li> <li>• Mayor comodidad laboral.</li> <li>• Generación de nuevos puestos de trabajo permanente.</li> <li>• Generación de nuevos puestos de trabajo temporales.</li> <li>• Aumento de contratistas en las minas.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento de carreteras.</li> <li>• Comunidades aledañas unida en y con mayores ingresos económicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal no calificado en las comunidades aledañas.</li> <li>• Falta de interés en la adopción de nuevas tecnologías.</li> </ul>

Matriz DOFA Económica frente a la automatización industrial

**Tabla 22. Matriz DOFA Económica frente a la automatización industrial.**

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
--------------------	-------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costos de inversion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de riqueza nacional y regional.</li> <li>• Aumento del PIB</li> <li>• Mayor producción a un costo menor.</li> <li>• TIR del 122% frente a un interés del 10%.</li> <li>• Rápido retorno de inversion.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidades aledañas unida en y con mayores ingresos económicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca mano de obra calificada en la region.</li> <li>• Desconocimiento de los costos, ventajas y expectativas de la automatización por parte de gerentes y dueños de mina.</li> </ul>

Fuente: Autor.

#### Matriz DOFA Ambiental frente a la automatización industrial

**Tabla 23. Matriz DOFA Ambiental frente a la automatización industrial.**

<b>DEBILIDADES</b>	<b>FORTALEZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de gases de efecto invernadero.</li> <li>• Reducción en consumo de combustibles.</li> <li>• Control de gases en tiempo real.</li> <li>• Ahorro energético.</li> </ul>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor aprovechamiento de los recursos naturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso constante y prolongado de plantas de generación de energía en sitio.</li> </ul>

Fuente: Autor.

**Objetivo Específico 4:** Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.

**Metodología y herramientas:** El objetivo de analizar la automatización industrial en las empresas mineras del departamento Norte de Santander es preparar a este sector para la industria 4.0, por lo que, se plantearon alternativas de implementación que no solo permitan mejorar el uso del internet de las cosas (IoT), sino, que conlleven a esta industria a la búsqueda de fábricas inteligentes y sistemas ciber-físicos.



Teniendo en cuenta la información recolectada en el anexo 1 y la dataada en el anexo 4, se pueden implementar diferentes proyectos para mejorar la calidad del medio ambiente, el ámbito social y económico, entre las diferentes propuestas se encuentran:

Generación de energía eléctrica con energías renovables (solar, eólica), el uso de estas tecnologías requiere de que exista en cada mina el recurso mínimo de operación, por lo que es necesario realizar un estudio para ello, sin embargo, en caso de poder implementarse, la reducción de emisiones de CO2 sería en un 100%, adicionalmente los costos de energía eléctrica que en promedio por mina se encuentran en \$14.545.545 COP, también se verían reducidos, por lo que implementar este tipo de proyectos tendría un retorno de inversión a mediano plazo, adicionalmente este tipo de propuestas proyecta a las empresas a ser parte de la industria 4.0, basado en el internet de las cosas y los espacios ciberfísicos mediante sistemas SCADA.

Tratamiento de agua potable y residual, en la minería del carbón subterráneo, se genera gran cantidad de agua, que debe ser bombeada desde el interior de la mina, pero, al ser agua con tantos minerales, no es óptima para el consumo humano, por lo que grandes cantidades de agua son desperdiciadas, tener una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), permite darle un uso doméstico a la misma, ahora bien, el tema de aguas residuales (PTAR), teniendo en cuenta que en zonas rurales no hay alcantarillados, muchas veces fuentes hídricas cercanas son contaminadas, por lo que darle tratamiento a los vertimientos de la mina, permitiría mejorar la calidad de vida no solo de los mineros, sino de las comunidades aledañas. Cualquier tipo de planta PTAR y/o PTAP es susceptible a automatización de procesos industriales.

Sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition), son sistemas que permiten mediante una interfaz hombre-máquina visualizar los componentes, máquinas y procesos de una organización industrial, permitiendo adquirir, visualizar, controlar, almacenar y monitorear datos

en tiempo real, la aplicación de este tipo de sistemas permite a las organizaciones tener un control sobre las diferentes variables, así como históricos de las mismas que permitirán mediante la IA (Inteligencia artificial), estudiar los datos y establecer propuestas de mejoramiento continuo en los procesos, así también como predecir fallos de las máquinas y establecer daños puntuales dentro de los procesos, evitar accidentes y mejorar la calidad de vida de los operarios de producción dentro de la minería del Departamento Norte de Santander.

#### **4. Conclusiones**

No es posible automatizar todos los procesos de extracción de carbón, debido a que las variables que se pueden controlar en los procesos, dependen directamente del ancho y la altura

de la beta, también del tipo de comunicaciones a utilizar, por ende en el presente proyecto se presentan únicamente de forma estandarizada los procesos automatizables respecto a arrastre, cocheo – malacateo y supervisión y control de gases y sistemas de bombeo.

Las minas en el departamento Norte de Santander poseen niveles bajos de automatización industrial en sus procesos, sólo el 8,33% posee un nivel rudimentario, el 96,66% posee un nivel 1, y 0% en nivel 2 y nivel 3 de automatización industrial.

El Volumen de producción mensual de carbón en la actualidad por mina es de 2965 Toneladas, generando un aproximado de 103 empleos directos por mina, lo que lo hace un sector importante en la economía del departamento Norte de Santander.

Se genera actualmente un promedio de \$128.165 COP en regalías y retención en la fuente, como riqueza regional.

La automatización de procesos mineros, permite mejorar la eficiencia energética entre un 10% y 50%, lo cual podría minimizar en esos mismos porcentajes la emisión de CO<sub>2</sub> en el departamento Norte de Santander.

Implementar sistemas SCADA, permite monitorear, controlar, registrar y visualizar variables de los procesos mineros en tiempo real, reduciendo la interacción hombre-máquina.

Al automatizar procesos mineros, se reduce la cantidad de accidentes laborales, debido al poco contacto hombre-máquina, así como el uso de alarmas para evacuación de mina, al monitorear de forma constante los gases en ella.

Automatizar procesos mineros permite que se beneficien las comunidades aledañas, debido a la generación de empleos temporales, así como la creación de nuevos puestos de trabajo.

Automatizar procesos mineros, permite aumentar la productividad de las minas, ya que se pueden reducir los tiempos de extracción de carbón, volverse más fáciles y ágiles.

La automatización de procesos mineros genera un VAN positivo y una TIR extremadamente superior al interés de la inversión, aumenta la riqueza nacional y regional.

Para medir el impacto ambiental, social y económico de la automatización frente a procesos mineros, es requerido analizar los actores, la inversión y los efectos ambientales, basado en las metodologías presentadas, tales como la matriz de Leopold, la matriz EVPA y las variables económicas en función de la inversión en proyectos de automatización industrial.

Con el manual FIM de la automatización, podemos determinar el grado de automatización de procesos mineros, este manual es una adaptación del manual FIM orientada directamente a la automatización de procesos mineros.

### Referencias bibliográficas

- Ahumada, M. (2021). Impacto de la Industria 4.0 y la innovación social en la actualidad. Universidad Santo Tomás. Recuperado de:  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/34036?show=full>
- ANM. (2017). Caracterización de la actividad minera de Norte de Santander. Recuperado de:  
[https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets\\_norte\\_de\\_santander\\_01-06-2017.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_norte_de_santander_01-06-2017.pdf)
- ANM. (s,f). Se activa la Ruta Minera en Norte de Santander. Recuperado de:  
<https://www.anm.gov.co/?q=se-activa-la-ruta-minera-en-norte-de-santander#:~:text=El%20sector%20minero%20representa%20el,cerca%20de%2030%20mill%20empleos.>
- Arias, Jhon. (2022). Sistema de supervision y control de gases y bombeo de agua en la mina San Tomás ubicada en la vereda Ayacucho del municipio de San Cayetano. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta. Colombia.
- Barrientos, A. & Gambao, E., (2014). Sistemas de Producción Automatizados, Universidad Politécnica de Madrid.
- Brodny, Jaroslaw; Felka, Dariuzs; Tutak, Magdalena. (2002). Uso de la metodología Neuro-fuzzy para predecir diferentes tipos de riesgos durante el proceso de producción de minería subterránea. Revista Limpieza en la producción. Pág. 44 – 100. Polonia. Recuperado de:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622028451>
- Brunete, A, San Segundo, P & Herrero, R (2020). Introducción a la Automatización Industrial. Recuperado de:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/automatizacionindustrial.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/automatizacionindustrial.html)

Cabañero, C., Giménez, C., and Lusa, A., (2013). Gestión de La Producción, Universitat Oberta de Catalunya.

Cárdenas, M & Reina, M. (2008). La minería en Colombia, impacto socioeconómico y fiscal.

Fedesarrollo – Colombia. Publicación gubernamental. Recuperado de:

[https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF\\_No\\_25\\_Abril\\_2008.pdf?sequence=1](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF_No_25_Abril_2008.pdf?sequence=1).

Cardona, Harold; Carmona, Fabián. (2017). Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca de Sinifaná, Antioquia. Revista Producción + Limpia. Vol. 12. Pag 33-40. Colombia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n1/1909-0455-pml-12-01-00033.pdf>

Cardoso Rafael Tomas. (15 de junio de 2021). La metodología sroi en el desarrollo de organizaciones y proyectos con propósito. Escuela de Negocios y Dirección. Recuperado de: <https://www.escueladenegociosydireccion.com/revista/business/rr-hh/la-metodologia-sroi-en-el-desarrollo-de-organizaciones-y-proyectos-con-proposito/>

Córdoba, E. (2006). Manufactura y Automatización. Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 26. Pag 120-128. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/643/64326315.pdf>

Echeverría, Carmita. (2017). Metodología para determinar la factibilidad de un Proyecto. Revista Publicando 4 No. 13 No. 2. Pág. 172-188. Ecuador. Recuperado de: [https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836/pdf\\_604](https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836/pdf_604)

ECODES. (2022). SROI- Metodología para la medición del impacto social, ambiental y socioeconómico. . Recuperado de: <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la->

sostenibilidad/medicion-y-evaluacion-de-impacto/sroi-metodologia-para-la-medicion-del-impacto-social-ambiental-y-socioeconomico.

Hernández Sampieri, R, Fernández, C & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación.

Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.

Lohmann, M. (1959). Las consecuencias económicas y sociales de la automatización, recuperado

de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/REyE/article/view/3530>

López, Pedro. (2004). Población, muestra y muestreo. Revista Punto Cero. V. 09 N.08.

Cochabamba. Pág. 69-74. Bolivia. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>

Nake, Kamrany. (1974). Tecnología: Medición del impacto socioeconómico de la

automatización de la manufactura. Revista Science Direct. Pag 281-292. Instituto

Tecnológico de Massachussets. USA. Recuoperado de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038012174900135>

Papulova, Zuzana; Gazová, Andrea; Sufliarsky, Lubomir. (2022). Implementación de tecnologías

de automatización de industria 4.0 en compañías manufactureras de automóviles. Revista

Science Direct. Pag 1488-1497. Instituto Tecnológico de Massachussets. USA. Recuperado

de:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877050922003593?token=F924EE38AE98E32>

DA97F19AAD54E54C4297855DB02AD82FDBFCD48985AABCCE0D0E45AE4D028F2

41EAF54A8431DA8F82&originRegion=us-east-1&originCreation=20221018010235

Quintero, M. (2015). Seguimiento y control de las operaciones mineras de la mina de carbón Las

Lajas, contrato de concesión No. 04-005-97, del municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta – Colombia. Recuperado de:

<http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/0180923.pdf>.

Rivera, G. & Molina, J. (2006). Medición del impacto económico de una empresa minera en su entorno como herramienta de gestión. *Revista Gestión y Ambiente*. Vol. 9. Pag 39-48.

Universidad Nacional de Colombia. Recuperador de:

<https://www.redalyc.org/pdf/1694/169421183003.pdf>

Serrano, José (2013). Respuestas múltiples en la investigación educativa: codificación, tabulación y análisis. *Revista de Investigación Educativa*. Pag 361-374. España.

<https://www.redalyc.org/pdf/2833/283328062010.pdf>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2014). Indicadores de la Minería en Colombia.

Publicación Gubernamental. Recuperado de:

[http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Minero/2014/Indicadores%20de%20la%20Miner%C3%ADa%20en%20Colombia.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Minero/2014/Indicadores%20de%20la%20Miner%C3%ADa%20en%20Colombia.pdf)

Víctor, Ponce. (2010). La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental.

Academia. Recuperado de:

[//efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33938635/5913](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33938635/5913)

0474-La-Matriz-de-Leopold-Guia-Buenazo-docx-with-cover-page-

v2.pdf?Expires=1666151388&Signature=LGgCmDiDm2HS4GxqFiS8O9WQn86jpEAYhE

TGiTdf3C~~husc11rOIkJfCcaBE3M3NtVeiQ5otFePiG5FezeTiWIHLF0gZbs40yJbeS5Z3

G72YuGlaP4YA3Kbh~cU3gNX~Z~pqKSexXwmauawvRLiURM-

QldgNcWyN1a7B~VfVVEx-

BToefAsBNkaZmBVwZrIj3ehtGskVvKRBkuWceQ4eoepDUQ2NPa3D8BJRnQdn32S6H

yJLubZL7cxr18iIJ2QHq5m8eSMlJml~~8Feg6Xg2hNsRCdnPOVgMf7kqFBfAjoRFtgGjh



Yanehehn1UhYCV0rqt1QDvvsEdGaEH0fMuA\_\_&Key-Pair-  
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Villanueva, H. (2017). Instrumento de medición del impacto social. Revista Realidad Empresarial. Universidad Iberoamericana Puebla. México. Recuperado de:  
[//efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3872/Revista%20Realidad%20Empresarial-edicion4-18-24.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3872/Revista%20Realidad%20Empresarial-edicion4-18-24.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vladimir, Seunovic; Dimitrijevic, Sonja; Pantelic, Snezana. (2020). Industria 4.0 en el contexto de la minería del carbón. Mihailo Pupin Institute. Belgrade, Serbia. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/347078744\\_Industry\\_40\\_in\\_the\\_Context\\_of\\_Coal\\_Mining](https://www.researchgate.net/publication/347078744_Industry_40_in_the_Context_of_Coal_Mining)

## Anexos

### Anexo 1. Entrevistas



Universidad Francisco de Paula Santander  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Maestría en Gerencia de Empresas

### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Mayo de 2023

#### PROCESAMIENTO DE ENTREVISTA

**Título de la Tesis de Maestría:** La automatización industrial en la minería del carbón y su impacto socioeconómico y ambiental en el departamento Norte de Santander

**Autor:** Roni Mauricio Jaya Camacho

**Objetivo General:** Establecer el impacto socio-económico y ambiental de la automatización industrial en la minería del carbón en el departamento Norte de Santander.

#### **Objetivos Específicos:**

Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.

Realizar el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander.

Establecer los indicadores de medición de impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander.

Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.

**Técnica de Recolección:** Entrevista

**Técnica de Procesamiento:** Teoría Fundamentada

Anexos: A continuación, se colocan los documentos requeridos para la comprensión de la técnica

**SISTEMA DE VARIABLES ORIGINAL DEL CUAL SE HABÍA PARTIDO**

**Cuadro 1**  
**Relación del guión de entrevista con los objetivos específicos**

<b>Objetivos Especificos</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>
Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.	- Indicadores de medición de impacto	- Producción - Stakeholders - Impacto social, económico y ambiental
Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.	- Alternativas para la automatización industrial en minas	- Otras alternativas para mejorar el impacto ambiental al automatizar procesos mineros

Dimensiones	Indicadores	Ítem entrevista
Producción	- Cantidad de producción de carbón mensual	1
	- Cantidad de personal administrativo	2
	- Cantidad de personal operativo	3
	- Costos de mantenimiento	4
Stakeholders	- Personal contribuyente directo	5
	- Personal contribuyente indirecto	6
	- Personal beneficiario directo	7
	- Personal beneficiario indirecto	8
Impacto social, económico y ambiental	- Insumos requeridos y cantidades	9
	- Cantidad de contratistas requeridos	10
	- Gastos de combustible	11
	- Costos en energía eléctrica	12
Otras alternativas para mejorar el impacto ambiental al automatizar procesos mineros	- Alternativas en reducción de costos que usen tecnologías y reduzcan efectos ambientales	13



Universidad Francisco de Paula Santander  
 Facultad de Ciencias Empresariales  
 Maestría en Gerencia de Empresas

## GUIÓN DE ENTREVISTA

Este instrumento ha sido diseñado con el objetivo de recabar la información para el desarrollo del proyecto de Maestría titulada “La automatización industrial en la minería del carbón y su impacto socioeconómico y ambiental en el departamento Norte de Santander.”

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina:

Nombre:

Formación académica:

Cargo desempeñado:

Fecha de la entrevista:

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?
2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?
3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?
4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?
5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?
6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?
7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?
8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?
9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?
10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?
11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?
12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?
13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

## ENTREVISTA 1

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Fortaleza 1

Nombre: Juan Camilo Paez

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 20/05/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

Actualmente en la mina estamos sacando un promedio de 10 viajes sencillos diarios, eso es aproximadamente 130 toneladas de carbón al día, en el mes trabajamos aproximadamente 22 días, lo que da un equivalente de 2860 Toneladas de carbón en el mes.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Pertenece al grupo empresarial Excomin, por lo tanto existe una base administrativa grande para todas las minas y plantas de coquización, así como un apoyo administrativo dentro de otras razones sociales del grupo empresarial, entonces no es fácil cuantificar la cantidad de personas que nos asisten, sin embargo, puedo decirte que se requiere mínimo para operar, una secretaria, una asistente, tres ingenieros (mantenimiento, producción y avance), un contador, un auxiliar contable, y otras tres personas, que por ahora no tengo ocupación para ellas pero que en algún momento serían necesarias, así que por lo menos un aproximado de 9 o 10 personas en la base administrativa de una mina.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Actualmente personal operativo hay unas 80 personas entre frenteros, descuñadores, carreteros, topógrafos y auxiliares varios.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

En mantenimiento es relativo, depende directamente de producción, un promedio mensual de 30 mil pesos por tonelada aproximadamente.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

Creo que la Gerencia

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

El Jefe de mina sin duda alguna.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Todo el personal operativo y administrativo de la mina.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?

Creo que las comunidades, primero porque ingresan contratistas a ejecutar las acciones y segundo porque es la comunidad de la zona quien tiene nuevas posibilidades de empleo.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

Los insumos son muchos, desde la mano de obra operativa y administrativa, hasta la maquinaria, equipos, combustibles entre muchas otras cosas, actualmente producir una tonelada de carbón nos está costando alrededor de unos 290.000 pesos.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Sí, son requeridos en caso de algún tipo de proyecto o mantenimiento que no podamos cubrir con nuestro personal, actualmente tenemos 3 contratistas que nos apoyan en temas eléctricos y metalmecánicos.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En combustible se gasta aproximadamente unos 1000 galones de ACPM, lo utilizamos principalmente en maquinaria que se encuentra fuera del alcance de nuestra subestación eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

El último recibo de energía que pagamos fue de 22 millones de pesos, es el promedio de consumo aquí.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Creería, que utilizar energías renovables, como los paneles solares, ya que los costos excesivos en el pago a CENS, afectan directamente los costos de producción, sin embargo, creo que son un poco costosos, pero habría que analizar el tema de costo beneficio, y creo que ese es un tema que se puede automatizar.

## ENTREVISTA 2

## DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Nivel 2 - Carbonora

Nombre: Walter Rangel

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 08/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual? 3800 Toneladas es el promedio de producción mensual actual.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Actualmente se requiere de 9 personas, entre los cuales se encuentran 2 sisos, 1 ingeniero de planta (Jefe de mina), 2 jefes administrativos, 2 auxiliares administrativos y 1 o 2 practicantes.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Actualmente tenemos 110 personas del área operativa entre frenteros, cocheros, malacateros y personal de mantenimiento.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

Dependiendo de producción se mantiene un costo por tonelada de 40 mil pesos.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

Considero que toda el área administrativa y Gerencial hacen parte de los contribuyentes directos en cualquier tipo de inversión que se realice en la mina.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Todos aquellos q apoyan, proponen y tienen la idea fundamental desde el personal operativo hasta el administrativo, inclusive contratistas asociados a la mina.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Titulares de mina y dueños de la misma, incluyendo Gerencia.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?



El personal operativo sin duda, porque el esfuerzo físico se vería reducido, también el área administrativa con el tema de adquisición de datos y análisis de los mismos.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

Insumos o recursos tenemos la mano de obra, las herramientas, los diferentes equipos de ventilación, bombeo, generación de energía, combustibles, pero aca se estima un promedio de la siguiente manera, calculado por tonelada de carbón:

Insumos de mano de obra: \$140.000 COP  
 Costo de producción: \$80.000 COP  
 Requerimientos contractuales: \$70.000 COP  
 Margen de error en costos: \$10.000 COP

Para un costo total promedio por producción de tonelada de \$300.000 COP

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Los contratistas son requeridos únicamente en trabajos no cotidianos, como la ejecución de proyectos o mantenimiento especializado, actualmente tenemos tres contratistas que nos apoyan, dos de ellos de la parte eléctrica y uno para mantenimiento especializado de equipos.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

1900 galones de combustible diesel en promedio, cuyo uso principal, es para herramientas, equipos, ventilación, bombeo, aire comprimido y generación de energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

En promedio se paga de 10 a 15 millones de pesos, con una subestación eléctrica de 225kva, dicha energía eléctrica es únicamente para una pequeña parte de la operación, lo demás se respalda con planta eléctrica.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Todo radica en q el titular minero este dispuesto a invertir para ello, recuperación de botaderos, evaluación de impacto ambiental, manejo de aguas residuales, muchos procesos se pueden automatizar tanto en la extracción de carbón como en los alrededores de la mina.

### ENTREVISTA 3

## DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Nivel 3 - Carbonora  
Nombre: Marlen Dayana Gómez  
Formación académica: Ingeniero de Minas  
Cargo desempeñado: Jefe de Mina  
Fecha de la entrevista: 08/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

1800 Toneladas aproximadamente

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Contamos con 5 personas, incluyendo al jefe de mina, el siso, y los administrativos.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

60 personas, en toda la parte operativa.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

El costo de producción oscila entre los 35.000 y 40.000 COP.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

Creería que Gerencia.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Creería que uno como Jefe de mina, analiza los diferentes problemas y plantea soluciones, entonces uno hace la solicitud y bueno, ya gerencia define la viabilidad.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

El dueño de mina, el gerente, los operativos.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?

Pues es complicado, pero creería que la comunidad aledaña, por la creación de empleos así sea temporales.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

Insumos, tenemos el diesel, la maquinaria, la herramienta, el personal, la energía eléctrica y los costos de producción se consideran por tonelada producida, eso está alrededor de los 300.000 COP.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Si claro, mas que todo para temas eléctricos y de equipos especializados, tenemos 3 contratistas para esas actividades.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

Unos 800 galones de ACPM, para herramientas, equipos y energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

No pagamos, no usamos ese servicio, trabajamos con planta eléctrica.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

He escuchado del tema de la energía solar, realmente no se como funciona, pero creo que es un proyecto que se puede implementar para bajar costos de combustible y que además puede automatizarse en conjunto con lo que requiere la mina.

## }ENTREVISTA 4

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Fortaleza 2

Nombre: Edwin Albeiro Flórez

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 09/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

En promedio son unas 3500 Toneladas por mes

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Contamos con 8 personas incluyéndome que damos apoyo al tema administrativo de la mina, adicionalmente hay una base administrativa de Excomin SAS que nos da soporte en oficina.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Actualmente hay alrededor de 105 personas que nos brindan apoyo en el tema operativo tanto en la extracción como en mantenimiento.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

En todas las minas este tema se promedia por tonelada, aquí presupuestamos unos 40 mil pesos por tonelada.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

El contribuyente directo es el que invierte, ya eso depende puede ser un accionista, puede ser un inversor externo, pero al final es gerencia quien determina si se realiza un proyecto.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Es difícil definir eso, pero el jefe de mina es quien da el soporte a gerencia para la realización de proyectos.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Directamente gerencia y accionistas.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted que serían beneficiarios indirectos del proyecto?

Indirectamente se benefician las comunidades, los operativos también.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

Bueno, el costo de operación se estima por tonelada en unos 350.000 COP, y los insumos hay muchos desde mano de obra, hasta maquinaria, equipos especializados, electricidad, madera, etc.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

En todo proceso de producción se requieren contratistas y aquí no es la excepción, actualmente hay una cantidad grande de contratistas en todo el grupo empresarial, pero, los que mas utilizamos son los servicios de metalmecánica, mantenimientos locativos y proyectos.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

Mensualmente consumimos unos 1600 galones de combustible, para electricidad y diferentes equipos.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

El pago mensual en promedio son 18.000.000 COP.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Hay muchas opciones como la disposición final de residuos sólidos, o el tratamiento de aguas residuales, son procesos que aportan al mejoramiento del medio ambiente y que pueden automatizarse.

## ENTREVISTA 5

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Fortaleza 5

Nombre: Carlos Gómez

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 11/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

Hoy en día tenemos una producción promedio de 2500 toneladas en el mes.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

En mina tenemos 6 personas del área administrativa, pero se cuenta con el apoyo de personal del grupo empresarial en oficina.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Operativos en extracción de carbón y mantenimientos locativos tenemos 75 personas.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

Los costos de mantenimiento, se promedian según la producción y se estima un rubro por tonelada de 40.000 COP.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

En todos los proyectos es Gerencia quien directamente contribuye con el desarrollo de los mismos y el jefe de cada mina.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Pienso que serían los contratistas que desarrollan los proyectos.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Beneficiarios directos, pienso que serían los trabajadores operativos ya que se les facilitaría el trabajo.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted que serían beneficiarios indirectos del proyecto?

La comunidad de la zona, porque se generan puestos de trabajo de forma temporal.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

En toda mina, hoy por hoy, el promedio del costo de producción es de 300.000 COP aproximadamente, insumos tenemos combustibles, energía eléctrica, el personal, los equipos especializados.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Si claro, para mantenimientos varios, aquí en la mina regularmente viene uno solo que presta diferentes tipos de servicios, y tenemos otro que se encuentra realizando la obra de ampliación de la subestación eléctrica.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En promedio 1200 galones de diesel, se usa para algunos equipos especializados y generación de energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

El costo actual del recibo de energía es de unos 17.000.000 COP.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Definitivamente el tratamiento de agua, y no solo para el medio ambiente sino para todos los empleados, y es automatizable.

## ENTREVISTA 6

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Fortaleza 6

Nombre: Nayarith Dominguez

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 12/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

La producción promedio es de 1500 toneladas en el mes.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Actualmente son 4 personas que se ocupan del área administrativa, y recibimos apoyo del grupo Excomin SAS.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Contamos actualmente con 55 personas en temas de extracción y mantenimientos.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

Se estima un promedio de 30.000 COP por cada tonelada de carbón producida.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

Considero que el Gerente.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Considero que el jefe de mina.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Considero que el personal operativo.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?



Considero que la comunidad aledaña.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

En cuanto a insumos tenemos la maquinaria y equipo, el personal, el combustible. Y el costo promedio estándar es aproximadamente de 280.000 COP por tonelada de carbón.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Actualmente solo para proyectos, dentro del personal operativo tenemos gente para mantenimiento de forma permanente debido a la distancia con Cúcuta, otras minas del grupo empresarial si tienen contratistas para mantenimiento, pero nosotros no.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En promedio consumimos 900 galones de ACPM, para el uso de generación de energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

No se paga, no tenemos subestación eléctrica.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Hay varias opciones, manejo de residuos sólidos y generación de energía eléctrica no convencional.

## ENTREVISTA 7

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Fortaleza 7

Nombre: Edward Jaimes Moncada

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 13/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

El promedio mensual de carbón extraído en mina es de 3200 Toneladas mensuales.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Tenemos el apoyo administrativo de 10 personas en mina, tales como el Jefe de mina, tres ingenieros de campo, un topógrafo, dos personas de seguridad y salud en el trabajo, y tres auxiliares administrativos, adicionalmente se cuenta con el apoyo en Cúcuta del grupo Excomin SAS.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Tenemos 115 personas apoyando las labores relacionadas con la extracción del carbón.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

El costo promedio de mantenimiento se calcula en 40.000 COP por cada tonelada extraída.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

Sin duda Gerencia es el contribuyente directo.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Como Jefe de mina, creo que soy un contribuyente indirecto en el tema de proyectos.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

El personal de seguridad y salud en el trabajo y el personal operativo.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted que serían beneficiarios indirectos del proyecto?

Creería que los contratistas que ejecutarían el proyecto y las comunidades cercanas por la obtención de trabajos temporales y/o ampliación de personal para labores internas.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

Yo los llamaría mas que insumos, recursos, primordialmente la energía eléctrica, el personal tanto administrativo como operativo, el combustible ACPM, la maquinaria y los equipos especializados para minería, como bombas, ventiladores, extractores y demás. El costo de producción si se estima por tonelada en unos 300.000 COP.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Tenemos tres contratistas encargados de temas eléctricos, mecánicos y mantenimiento de equipos, se llaman ocasionalmente para mantenimientos preventivos y correctivos dentro de mina.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En promedio consumimos 1600 Galones de ACPM, mas que todo para el compresor y para dar soporte a la energía eléctrica ocasionalmente.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

El costo promedio mensual es de 22.000.000 COP.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Creo que usar energías no convencionales como la solar ó la eólica sería ideal, sin embargo, por temas de costos de implementación es complicado.

## ENTREVISTA 8

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Montgomery

Nombre: Jackson Jaimes

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 14/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

Aquí se extrae un promedio mensual de carbón de 3200 Toneladas.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Contamos actualmente con 8 personas para trabajar en temas administrativos.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Contamos con 112 personas para trabajar temas operativos tanto en mantenimiento como en extracción de carbón.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

En promedio se está estimando un costo mensual de 120.000.000 COP en mantenimiento para esta mina.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

El Gerente

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Tanto el jefe de mina como los ingenieros de campo.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

El personal operativo.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?

Pienso que la comunidad.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

El costo de producción está en 290.000 COP por tonelada, y se utilizan insumos como el combustible ACPM, equipos de bombeo, malacate, ventiladores, compresor, martillos, el personal obviamente, la planta eléctrica, la subestación eléctrica.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Por ahora no, de pronto en temas de proyectos.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En promedio consumimos 2000 galones de ACPM, principalmente para algunos motores y generación de energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

Estamos pagando 18.000.000 COP.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

Creería que una planta de tratamiento de aguas.

## ENTREVISTA 9

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: María Lionza

Nombre: Andrés Castañeda

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 18/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

En promedio unas 3000 toneladas mensuales

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Actualmente contamos con 7 personas, que nos apoyan en el área administrativa

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Alrededor de 90 personas hacen parte de los temas operativos de la mina

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

En promedio unos 40.000 por tonelada

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

La Gerencia sin duda.

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

El jefe de mina, debido a que es el encargado de coordinar esos proyectos, y que se realicen de manera correcta.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Los dueños de la mina y la Gerencia

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted que serían beneficiarios indirectos del proyecto?

Los operarios ya que la automatización les facilitaría el desarrollo de las actividades que tienen a su cargo.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

El costo de producción en promedio es de 300.000 COP por tonelada, y los insumos necesarios son la mano de obra, maquinaria, herramienta, equipos, energía eléctrica etc.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Si, para la realización de mantenimientos en los diferentes equipos y maquinarias, ya que no se cuenta con una persona interna experta en el mantenimiento de todas las maquinas, por eso son necesarios estos.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En sí, unos 1200 galones de combustible y se utiliza para energía eléctrica y para los equipos.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

En total unos 20.000.000 COP

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

El uso de paneles solares sería una alternativa, sería una inversión costosa, pero se reducirían los costos de producción y se podría recuperar la inversión en poco tiempo; el control en la generación de residuos sólidos, y contribuirán para el mejoramiento del medio ambiente y pueden automatizarse.

## ENTREVISTA 10

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: San Tomás

Nombre: Jhon Eduardo León

Formación académica: Ingeniero de Minas

Cargo desempeñado: Jefe de Mina

Fecha de la entrevista: 14/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

Mensualmente se extrae en promedio unas 3250 toneladas.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Se cuenta con 7 personas en esa área, constituidos por 2 sisos, 1 ingeniero de planta (Jefe de mina), 2 Jefes administrativos y 2 auxiliares administrativos.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Se cuenta con 95 personas que brindan apoyo en el área operativo de la mina

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

Eso depende de la producción y varía entre unos 35.000 y 40.000 COP

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

La gerencia

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

El jefe de mina, ya que este analiza aquellos problemas existentes y propone soluciones para la eliminación de esos inconvenientes, y ya la gerencia define si es factible

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

Los dueños de la mina, la gerencia y el área administrativa

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?



Las comunidades aledañas y los operarios debido a que se reduciría el desgaste físico

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

La mano obrera, maquinaria, combustible, electricidad, equipos, y demás.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Sí, ya que es necesario contar con expertos en los temas de mantenimientos de la maquinas que posee la mina. 2.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

Se consumen 2000 galones de Diesel al mes, se usa para generación de energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

No se paga, se abastece con planta eléctrica.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

El uso de energías no convencionales, y que aparte que se pueden automatizar, permitirían un ahorro energético increíble.

## ENTREVISTA 11

### DATOS DEL ENTREVISTADO

Mina: Nivel 1 y Nivel 5- Carbonora  
Nombre: Stiwart Ríos  
Formación académica: Ingeniero de Minas  
Cargo desempeñado: Jefe de Mina  
Fecha de la entrevista: 15/07/2023

1. ¿Qué cantidad de carbón se extrae en la mina en promedio mensual?

Tenemos una producción de 4000 toneladas en el mes en conjunto con ambas minas.

2. ¿Con cuánto personal administrativo trabajan para mantener a flote la mina?

Se cuenta con 12 personas que apoyan la administración, contando ingenieros, auxiliares, personal sst, entre otros.

3. ¿Con cuánto personal operativo cuenta actualmente la mina?

Contamos con 150 personas que dan soporte a ambos inclinados.

4. ¿En promedio cuánto es el costo de mantenimiento mensual?

Por tonelada, estamos gastando aproximadamente en mantenimiento unos 45.000 COP.

5. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes directos del proyecto?

Diría que el Jefe de mina

6. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían contribuyentes indirectos del proyecto?

Diría que el Gerente.

7. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios directos del proyecto?

El personal operativo.

8. ¿En caso de automatizar procesos de extracción de carbón, quien o quienes considera usted qué serían beneficiarios indirectos del proyecto?

La comunidad de la zona.

9. ¿Qué insumos y cantidades de los mismos requiere mensualmente para tener una producción estándar?

Tenemos equipos de bombeo, malacate, ventiladores, compresor, martillos, el personal obviamente, la planta eléctrica, la subestación eléctrica, el combustible.

10. ¿Requiere contratistas, para qué trabajos y cuántos posee?

Solo en caso de algún proyecto externo.

11. ¿Cuánto gasta en combustible mensualmente y para que lo utiliza?

En promedio consumimos 4500 galones de ACPM, principalmente para generación de energía eléctrica.

12. ¿Cuánto paga en el recibo de energía eléctrica al mes?

Estamos pagando 28.000.000 COP, se comparte la subestación para los dos inclinados.

13. ¿Cuál cree usted que sería una alternativa para mejorar el medio ambiente y que se adapte a la automatización de procesos mineros?

No lo tengo claro.

### Sistema de Categorías Emergente

Códigos		Dimensión	Variables	Objetivos específicos
Nº	Nombre			
1	Volumen de Producción mensual	Producción		Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.
2	Volumen de Producción promedio mensual			
3	Costos de mantenimiento por producción			
4	Personal administrativo y operativo promedio por producción			
5	Insumos requeridos para la producción			
6	Contribuyentes y beneficiarios directos e indirectos	Stake Holders	Indicadores de medición de impacto	
7	Gasto de combustible ACPM (Diesel) según producción e impacto que genera su uso.	Impacto social, económico		
8	Comunidades como beneficiarios indirectos de los proyectos de automatización.			
9	Costos por producción en energía eléctrica para funcionamiento			
10	Generación de energía con sistemas fotovoltaicos	Otras alternativas para mejorar el impacto ambiental al automatizar procesos mineros	Alternativas para la automatización industrial en minas	Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y
11	Disposición final de residuos sólidos			
12	Tratamiento de agua potable y residual			

---

ambiental en el  
departamento  
Norte de  
Santander.

---

## Anexo 2. Artículo científico

### DESARROLLO DE UN INSTRUMENTO PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE AUTOMATISMOS INDUSTRIALES EN MINAS DE CARBÓN

### DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENT TO MEASURE DE LEVEL OF INDUSTRIAL AUTOMATION IN COAL MINES

**Roni Mauricio Jaya Camacho**

Ingeniero Electromecánico

ronimauriciojca@ufps.edu.co

Estudiante Maestría Gerencia de Empresas UFPS

ORCID 0000-0002-5944-1789

Cúcuta – Colombia

**Resumen:** El auge de la industria 4.0 a nivel mundial es un hecho que integra diferentes ramas de la ingeniería como el internet de las cosas, los espacios ciber físicos y las fábricas inteligentes, sin embargo, a nivel nacional y regional son pocos los avances de esta nueva revolución industrial. Norte de Santander es uno de los referentes nacionales en el crecimiento del PIB con la minería, en especial la de carbón, y siendo esta industria tan generadora de empleo y tan creciente en el departamento, se evidencia que esta nueva revolución industrial no es aplicada, sin embargo, para poder avanzar en la industria 4.0, es necesario primero avanzar en automatismos industriales, es por ello que crear un instrumento para conocer el nivel de automatización en minas de carbón se hace estrictamente necesario, con el fin de establecer en que punto estamos para poder definir metas futuras.

**Antecedentes: Quintero, Miguel (2015).** Seguimiento y control de las operaciones mineras de la mina de carbón Las Lajas, contrato de concesión No. 04-005-97, del municipio de Cúcuta, Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta – Colombia. Publicación Académica - Proyecto de Grado. En el proyecto se desarrolló un tipo de investigación descriptiva aplicada en la modalidad pasantía, mediante trabajo de campo en actividades de supervisión en la mina, para realizar un control de las labores, servicios y operaciones mineras, para plantear alternativas y propuestas que promuevan el desarrollo técnico, económico y de seguridad de la mina Las Lajas. **Lopez, Melvin; Lovato, Sofia; Abad, Graciela (2018).** El impacto de la cuarta revolución industrial en las relaciones sociales y productivas de la industria del plástico IMPLASTIC S. A. en Guayaquil-Ecuador: retos y perspectivas. Revista Universidad y Sociedad - Universidad de Guayaquil, Ecuador. Publicación Académica - Artículo de Revista. El objetivo general de esta investigación es analizar las características de la Industria 4.0 que permitan identificar los impactos sociales y productivos tanto negativos como positivos en el mundo de manera general, para luego contextualizarlo de forma crítica en Ecuador y de modo particular en la industria de plásticos INPLASTIC S.A. Se determinan, además, los retos y perspectivas que deben permitir a INPLASTIC S.A. transitar de manera exitosa a la cuarta generación industrial. El análisis bibliográfico realizado de la Cuarta Revolución Industrial y su impacto social y productivo, ha permitido en un proceso dialéctico de lo general, a lo particular y de ahí a lo singular determinar los retos y perspectivas de la industria Inplastic S.A. en su proceso de transición a la Industria 4.0. **Bernal, Gabriel; Martínez, Ricardo; Medina, Fernando (2011).** Impacto económico de las actividades mineras en la provincia de Jujuy. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación Gubernamental – Proyecto. El impacto de las actividades mineras en la provincia de Jujuy involucró, en la medición, a tres sectores económicos diferentes que, en mayor o menor medida, se relacionaron con la extracción primaria de rocas, minerales y metalíferos y no metalíferos. La cuantificación de estos sectores económicos, en términos de la economía total, abarcó el período 1993-2007, y el impacto medio de las actividades mineras en el PBG total de la provincia en el período de análisis fue de alrededor del 5%. **Objetivo:** Desarrollar un instrumento de medición de automatismos industriales en minas de carbón. **Métodos:** Manual FIM. **Resultados:** Instrumento que permite establecer los niveles de automatización industrial en minas de carbón, basado en los procesos de extracción de carbón, sus equipos, sus métodos, aplicable a minería subterránea. **Conclusión:** Se establecen criterios de evaluación para establecer un nivel de

automatización industrial en minas de carbón, aplicables en minas subterráneas y se genera la base para la generación de instrumentos de medición de nivel de automatismos en diferentes tipos de plantas industriales.

**Palabras Clave:** Automatización Industrial, Instrumento, Manual FIM, Minas de Carbón.

**Abstract:** The rise of industry 4.0 worldwide is a fact that integrates different branches of engineering such as the internet of things, cyber physical spaces and smart factories, however, at a national and regional level there are few advances in this new industrial revolution. Norte de Santander is one of the national references in GDP growth with mining, especially coal, and since this industry is so generating employment and growing in the department, it is evident that this new industrial revolution is not applied, However, in order to advance in industry 4.0, it is first necessary to advance in industrial automation, which is why creating an instrument to know the level of automation in coal mines is strictly necessary, in order to establish at what point we are in order to define future goals.

**Background: Quintero, Miguel (2015).** Monitoring and control of mining operations at the Las Lajas coal mine, concession contract No. 04-005-97, in the municipality of Cúcuta, Norte de Santander. Francisco de Paula Santander University, Cúcuta – Colombia. Academic Publication - Degree Project. In the project, a type of descriptive research applied in the internship modality was developed, through field work in supervision activities in the mine, to carry out a control of the work, services and mining operations, to propose alternatives and proposals that promote the development technical, economic and security of the Las Lajas mine. **Lopez, Melvin; Lovato, Sofia; Abbot, Graciela (2018).** The impact of the fourth industrial revolution on the social and productive relations of the plastics industry IMPLASTIC S. A. in Guayaquil-Ecuador: challenges and perspectives. University and Society Magazine - University of Guayaquil, Ecuador. Academic Publication - Magazine Article. The general objective of this research is to analyze the characteristics of Industry 4.0 that allow the identification of both negative and positive social and productive impacts in the world in general, to then critically contextualize it in Ecuador and particularly in the plastics industry. INPLASTIC S.A. In addition, the remains and perspectives that should allow INPLASTIC S.A. successfully transition to the fourth industrial generation. The bibliographical analysis carried out on the Fourth Industrial Revolution and its social and productive impact, has allowed a dialectical process from the general to the particular and from there to the singular to determine the challenges and perspectives of the Inplastic S.A. industry. in its transition process to Industry 4.0. **Bernal, Gabriel; Martinez, Ricardo; Medina, Fernando (2011).** Economic impact of mining activities in the province of Jujuy. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). Government Publication – Project. The impact of mining activities in the province of Jujuy involved, in the measurement, three different economic sectors that, to a greater or lesser extent, were related to the primary extraction of rocks, minerals and metalliferous and non-metalliferous. The quantification of these economic sectors, in terms of the total economy, covered the period 1993-2007, and the average impact of mining activities on the province's total GDP in the analysis period was around 5%. **Objective:** Develop an instrument for measuring industrial automation in coal mines. **Methods:** FIM Manual. Results: Instrument that allows to establish the levels of industrial automation in coal mines, based on the processes of extraction of coal, its equipment, its methods, applicable to underground mining. **Conclusion:** Evaluation criteria are established to establish a level of industrial automation in coal mines, applicable in underground mines and the base is generated for the generation of instruments for measuring the level of automation in different types of industrial plants.

**Keywords:** Industrial Automation, Instrument, FIM Manual, Coal Min

## Introducción

La automatización de procesos industriales es una de las bases de lo que hoy en día se conoce como la industria 4.0, sin embargo, muchas plantas industriales no conocen los beneficios de implementar automatismos en sus procesos, por lo que la industria regional y nacional no ha podido entrar al auge de la misma. Norte de Santander es uno de los departamentos de Colombia que más le aporta al PIB con producción de carbón, por ende dicha industria es gran generadora de empleos en el departamento, sin embargo, su forma de extraer carbón es muy artesanal, no se

somete a la automatización industrial y mucho menos a la industria 4.0, es por ello, que un paso importante es saber reconocer en que niveles de automatismos la minería del carbón posee para poder establecer cómo mejorar la tecnificación de las mismas apuntando a la industria 4.0.

### **El Problema**

Se evidencia que en la actualidad no existe un instrumento que permita medir y establecer en qué nivel de automatización se encuentra una mina de carbón, tampoco una escala de medición, que permita a los investigadores establecer alternativas cuantificables de automatización y posicionar una industria en un ranking de automatismos.

### **Justificación**

Al momento de desarrollar un instrumento y una escala de medida de los niveles de automatización en minas de carbón y posteriormente aplicarlas, se establecen beneficios desde el punto de vista tecnológico, teórico – prácticos y sociales, entre los cuales destacan, **beneficios Tecnológicos:** como el planteamiento del uso de nuevas tecnologías, como la completa automatización de la planta, desarrollo técnico empresarial y de capacitación, **beneficios económicos** ya que al automatizar procesos, aumenta la productividad, se plantea la reducción del mantenimiento innecesario de equipos, aumento en la calidad y cantidad de aceite crudo producido y reducción de costos de producción, **beneficios sociales** como capacitación constante al personal de las minas, y **beneficios ambientales** como la reutilización de aguas y vertimientos, mediante la utilización de nuevas tecnologías.

### **Determinación de una escala de medida según los elementos de automatización en minas de carbón subterráneas, basado en los procesos existentes en la extracción de carbón.**

#### **Procesos en la extracción de carbón subterráneo**

**Barroteo:** Consiste en la extracción del carbón del manto y se puede realizar de forma manual, utilizando dinamita y utilizando martillos percutores, según lo observado en las minas de la muestra, este proceso, requiere de la intervención humana de forma directa, en cualquiera de sus formas, por lo que no es viable automatizar el proceso.

**Arrastre:** Consiste en transportar el carbón hasta los coches (vagones) y llenarlos, se hace uso de canecas plásticas. Este proceso puede automatizarse haciendo uso de bandas transportadoras internas y básculas para llevar el carbón a su respectivo coche, y puede ser monitoreado en tiempo real, sin embargo, dicha automatización depende directamente del espacio en el cual se encuentre el manto, ya que la infraestructura debe ser robusta.

**Cocheo – Malacateo:** Una vez el carbón se encuentra en el coche, el cual se encuentra sobre unos rieles, un malacate bien sea eléctrico o de combustión, se encarga de halar mediante un cable acerado el vagón hasta la superficie de la mina o del nivel respectivo. Este proceso se puede automatizar, haciendo uso de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos,



pudiéndose también monitorear en tiempo real, haciendo uso de personal de forma directa o remota.

**Selección:** Una vez el coche se encuentra en la superficie o boca mina, este es llevado a una tolva para su respectivo almacenamiento, donde, dependiendo de la calidad de demuestre mediante observación es seleccionado para ocupar una de las tolvas, y es removida la peña que esté contaminando el mineral. Este proceso en la actualidad es muy difícil de automatizar, ya que depende directamente de la observación directa del encargado de patio de almacenamiento.

Partiendo de lo descrito por (Arias, 2022), los procesos de monitoreo de gases y sistemas de bombeo que se tienen internamente en las minas, también pueden ser automatizados, tal y como lo describe el autor, empleando un sistema de supervisión y control en tiempo real de dichos sistemas y utilizando diversos tipos de arranque en los motores trifásicos de inducción.

Una vez conocidos los procesos que se tienen en la extracción del carbón, se establecen los que son de automatización viable:

Proceso	Automatización Industrial viable
Arraste	Este proceso puede automatizarse haciendo uso de bandas transportadoras internas y básculas para llevar el carbón a su respectivo coche, y puede ser monitoreado en tiempo real, sin embargo, dicha automatización depende directamente del espacio en el cual se encuentre el manto, ya que la infraestructura debe ser robusta.
Cocheo – Malacateo	Este proceso se puede automatizar, haciendo uso de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos, pudiéndose también monitorear en tiempo real, haciendo uso de personal de forma directa o remota.
Monitoreo de Gases, sistemas de bombeo y ventilación	Sistema de supervisión y control en tiempo real de dichos sistemas y utilizando diversos tipos de arranque en los motores trifásicos de inducción.

Tabla 1. Automatización industrial viable en los procesos de extracción de carbón

Fuente: Autor

### Definición de Nivel de automatización industrial

Cuando se establece un “nivel”, se establece una escala de medida, dicha escala depende directamente de la percepción y del origen, es así que, para establecer la escala de automatización, se plantea establecer una pirámide de escala de automatización, la cual no debe confundirse con la pirámide de automatización, la cual identifica la integración de los elementos que intervienen en la automatización industrial.

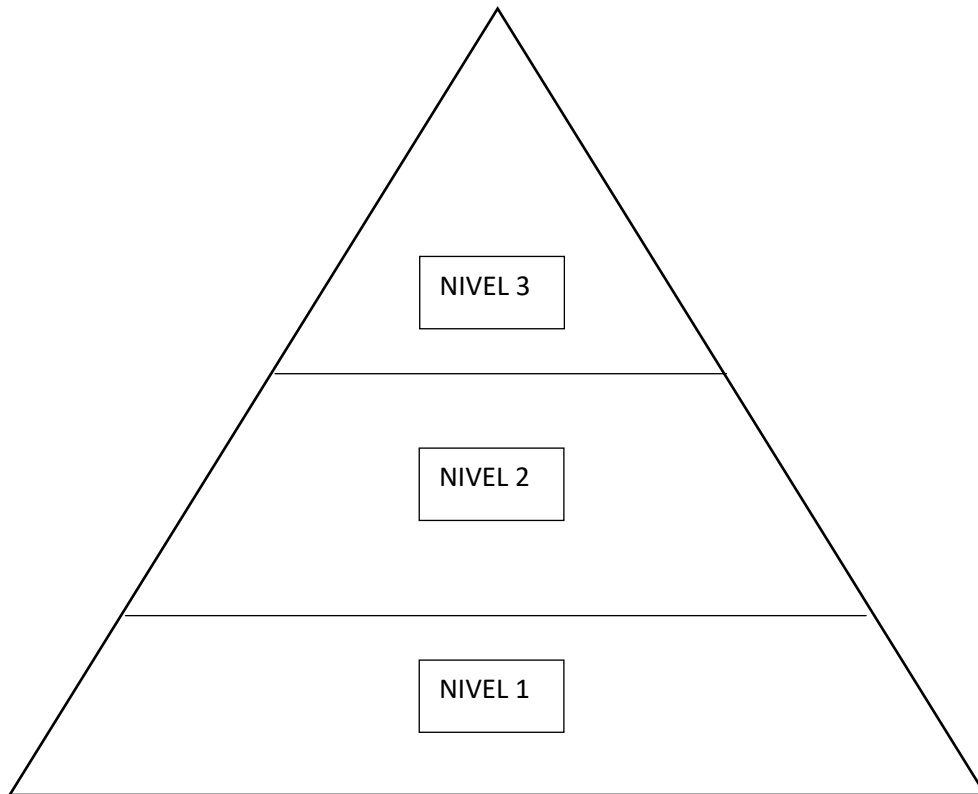


Figura 1. Escala de automatización

Fuente: Autor

Se establecen los niveles de automatización en función de escala para determinar que tanto se encuentra automatizada una mina de carbón subterráneo.

**Nivel 1:** Se establece el nivel más básico, donde todos los motores trifásicos de inducción, bien sea para bombeo, malacateo, ventilación ó arrastre se encuentran funcionando con lógica cableada, haciendo uso de tableros con contactores, disyuntores, pulsadores y protecciones que permiten tener una correcta producción con alto riesgo de operación, el cableado y las cajas de distribución y/o control pueden cumplir o no con los requerimientos de la normatividad RETIE. Se realiza medición de gases de forma manual.

**Nivel 2:** Se cumple el nivel 1, sin embargo, se puede observar el uso de elementos como arrancadores suaves y variadores de velocidad en un rango del 60% de los equipos que los requieren, que permiten integrar en futuras conexiones sistemas de telemetría, se da cumplimiento en un 50% a la normatividad RETIE. Se realiza medición de gases de forma manual.

**Nivel 3:** En este nivel se cumple en su totalidad el nivel 2, sin embargo, se logra apreciar la implementación de sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), se cumple en su totalidad la norma RETIE y se cumplen con las características de automatización viable establecidas en la tabla 1.

### **Manual FIM de la Automatización Industrial**

El Manual FIM es un instrumento que sirve para medir la capacidad de gestión de la calidad y la productividad de las PYME's, donde se asumen 13 áreas funcionales que se deben evaluar dentro de una organización para establecer estrategias y/o propuestas de mejora continua.

El Manual FIM de la Automatización Industrial, es un instrumento, que servirá para medir el nivel de automatización (escala) de una mina de carbón, basado en los procesos que son viablemente automatizables (tabla 1), se toma como base la metodología de evaluación del Manual FIM, para el desarrollo del instrumento.

### **Elementos del Manual FIM de la Automatización Industrial**

Razón Social:

NIT:

Dirección:

Teléfono:

Representante Legal:

Esquema General del proceso de producción

### **Instrumento de Evaluación:**

#### **Proceso 1. Arrastre**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
1.0	Arrastre	80
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas	10

	transportadoras y básculas de pesaje.	
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje
2.0	Cocheo - Malacateo	50
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20

A partir de la observación de los procesos de viable automatización en cada mina donde sea aplicado el instrumento, se otorgará una calificación, que permita identificar el nivel de automatización de la planta siendo la puntuación de la siguiente manera dando la respectiva escala:

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 - 129
Nivel 2	130 - 199
Nivel 3	200 - 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

### **Conclusiones**

Se establecen 3 criterios de clasificación de procesos que son automatizables dentro de las minas de carbón subterráneo, en las cuales se enfoca el instrumento realizado, esta automatización se centra únicamente en una rama de la industria 4.0, mas no en todo el conjunto de elementos que la conforman.

Una mina que obtenga un puntaje menor a 50, se encuentra en un nivel de automatización cero, lo cual es indicio de que no presenta los estándares mínimos de automatización y requiere ser intervenida para su correcto funcionamiento.

El manual FIM de la automatización industrial es instrumento dedicado exclusivamente a minas de carbón subterráneo pero es la base para nuevos instrumentos dedicados a otras industrias.

### **Referencias**

Cárdenas, Mauricio; Reina, Mauricio (2008). La minería en Colombia, impacto socioeconómico y fiscal. Fedesarrollo – Colombia. Publicación gubernamental [https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF\\_No\\_25\\_Abril\\_2008.pdf?sequence=1](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF_No_25_Abril_2008.pdf?sequence=1).

Quintero, Miguel (2015). Seguimiento y control de las operaciones mineras de la mina de carbón Las Lajas, contrato de concesión No. 04-005-97, del municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta – Colombia  
<http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/0180923.pdf>.

Ahumada, María (2021). Impacto de la Industria 4.0 y la innovación social en la actualidad. Universidad Santo Tomás <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/34036?show=full>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2014). Indicadores de la Minería en Colombia. Publicación Gubernamental  
[http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Minero/2014/Indicadores%20de%20la%20Miner%C3%ADa%20en%20Colombia.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Minero/2014/Indicadores%20de%20la%20Miner%C3%ADa%20en%20Colombia.pdf)

Lohmann, Martin (1959). Las consecuencias económicas y sociales de la automatización <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/REyE/article/view/3530>

Barrientos, A. and Gambao, E., (2014.). Sistemas de Producción Automatizados, Universidad Politécnica de Madrid.

Córdoba, Ernesto. (2006). Manufactura y Automatización. Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 26. Pag 120-128. Universidad Nacional de Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64326315.pdf>

Cardona, Harold; Carmona, Fabián. (2017). Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca de Sinifaná, Antioquia. Revista Producción + Limpia. Vol. 12. Pag 33-40. Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n1/1909-0455-pml-12-01-00033.pdf>

Rivera, Gabriel; Molina, Jorge. (2006). Medición del impacto económico de una empresa minera en su entorno como herramienta de gestión. Revista Gestión y Ambiente. Vol. 9. Pag 39-48. Universidad Nacional de Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169421183003.pdf>

Cabañero, C., Giménez, C., and Lusa, A., (2013). Gestión de La Producción, Universitat Oberta de Catalunya.

Brunete, A, San Segundo, P and Herrero, R (2020). Introducción a la Automatización Industrial. [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/automatizacionindustrial.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/automatizacionindustrial.html)

ECODES. (14 de junio de 2022). SROI- Metodología para la medición del impacto social, ambiental y socioeconómico. 30 ECODES TIEMPOS DE ACTUAR. <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la-sostenibilidad/medicion-y-evaluacion-de-impacto/sroi-metodologia-para-la-medicion-del-impacto-social-ambiental-y-socioeconomico>.

Papulova, Zuzana; Gazová, Andrea; Sufliarsky, Lubomir. (2022). Implementación de tecnologías de automatización de industria 4.0 en compañías manufactureras de automóviles. Revista Science Direct. Pag 1488-1497. Instituto Tecnológico de Massachussets. USA. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877050922003593?token=F924EE38AE98E32DA97>

F19AAD54E54C4297855DB02AD82FDBFCD48985AABCCE0D0E45AE4D028F241EAF54A8431DA8F82&originRegion=us-east-1&originCreation=20221018010235

Nake, Kamrany. (1974). Tecnología: Medición del impacto socioeconómico de la automatización de la manufactura. Revista Science Direct. Pag 281-292. Instituto Tecnológico de Massachussets. USA. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038012174900135>

Vladimir, Seunovic; Dimitrijevic, Sonja; Pantelic, Snezana. (2020). Industria 4.0 en el contexto de la minería del carbón. Mihailo Pupin Institute. Belgrade, Serbia. [https://www.researchgate.net/publication/347078744\\_Industry\\_40\\_in\\_the\\_Context\\_of\\_Coal\\_Mining](https://www.researchgate.net/publication/347078744_Industry_40_in_the_Context_of_Coal_Mining)

Cardoso Rafael Tomas. (15 de junio de 2021). LA METODOLOGÍA SROI EN EL DESARROLLO DE ORGANIZACIONES Y PROYECTOS CON PROPÓSITO. Escuela de Negocios y Dirección. <https://www.escueladenegociosydireccion.com/revista/business/rr-hh/la-metodologia-sroi-en-el-desarrollo-de-organizaciones-y-proyectos-con-proposito/>

Víctor, Ponce. (2010). La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental. Academia. Tomado de: [chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33938635/59130474-La-Matriz-de-Leopold-Guia-Buenazo-docx-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666151388&Signature=LGgCmDiDm2HS4GxqFiS8O9WQn86jpEAYhETGiTdf3C~~husc11rOIkJfCcaBE3M3NtVeiQ5otFePiG5FezeTiWIHLF0gZbs40yJbeS5Z3G72YuGlaP4YA3Kbh~cU3gNX~Z~pqKSexXwmauawvRLiURM-QldgNcWyN1a7B~VfVVEx-BToefAsBNkaZmBVwZrIj3ehtGskVvKRBkuWceQ4eoePDUQ2NPa3D8BJRnQdn32S6HyJLUbZL7cxr18iIJ2QHq5m8eSMIJml~~8Feg6Xg2hNsRCdnPOVgMf7kqFBfAjoRftgGjhYanehehn1UhYCV0rqt1QDvvsEdGaEH0fMuA\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33938635/59130474-La-Matriz-de-Leopold-Guia-Buenazo-docx-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666151388&Signature=LGgCmDiDm2HS4GxqFiS8O9WQn86jpEAYhETGiTdf3C~~husc11rOIkJfCcaBE3M3NtVeiQ5otFePiG5FezeTiWIHLF0gZbs40yJbeS5Z3G72YuGlaP4YA3Kbh~cU3gNX~Z~pqKSexXwmauawvRLiURM-QldgNcWyN1a7B~VfVVEx-BToefAsBNkaZmBVwZrIj3ehtGskVvKRBkuWceQ4eoePDUQ2NPa3D8BJRnQdn32S6HyJLUbZL7cxr18iIJ2QHq5m8eSMIJml~~8Feg6Xg2hNsRCdnPOVgMf7kqFBfAjoRftgGjhYanehehn1UhYCV0rqt1QDvvsEdGaEH0fMuA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Villanueva, Héctor. (2017). Instrumento de medición del impacto social. Revista Realidad Empresarial. Universidad Iberoamericana Puebla. México. <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3872/Revista%20Realidad%20Empresarial-edicion4-18-24.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández, Carlos; Baptista, María. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.

Serrano, José (2013). Respuestas múltiples en la investigación educativa: codificación, tabulación y análisis. Revista de Investigación Educativa. Pag 361-374. España. <https://www.redalyc.org/pdf/2833/283328062010.pdf>

ANM <https://www.anm.gov.co/?q=se-activa-la-ruta-minera-en-norte-de-santander#:~:text=El%20sector%20minero%20representa%20el,cerca%20de%2030%20mil%20empleos.>

Brodny, Jaroslaw; Felka, Dariuzs; Tutak, Magdalena. (2002). Uso de la metodología Neuro-fuzzy para predecir diferentes tipos de riesgos durante el proceso de producción de minería subterránea. Revista Limpieza en la producción. Pág. 44 – 100. Polonia. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622028451>

ANM. (2017). Caracterización de la actividad minera de Norte de Santander. [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets\\_norte\\_de\\_santander\\_01-06-2017.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_norte_de_santander_01-06-2017.pdf)

López, Pedro. (2004). Población, muestra y muestreo. Revista Punto Cero. V. 09 N.08. Cochabamba. Pág. 69-74. Bolivia. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>

Arias, Jhon. (2022). Sistema de supervision y control de gases y bombeo de agua en la mina San Tomás ubicada en la vereda Ayacucho del municipio de San Cayetano. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta. Colombia.

Echeverría, Carmita. (2017). Metodología para determinar la factibilidad de un Proyecto. Revista Publicando 4 No. 13 No. 2. Pág. 172-188. Ecuador. [https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836/pdf\\_604](https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/836/pdf_604)



### Anexo 3. Procesamiento del manual fim de la automatización



Universidad Francisco de Paula Santander  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Maestría en Gerencia de Empresas

#### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Mayo de 2023

#### PROCESAMIENTO DEL MANUAL FIM DE LA AUTOMATIZACIÓN

**Título de la Tesis de Maestría:** La automatización industrial en la minería del carbón y su impacto socioeconómico y ambiental en el departamento Norte de Santander

**Autor:** Roni Mauricio Jaya Camacho

**Objetivo General:** Establecer el impacto socio-económico y ambiental de la automatización industrial en la minería del carbón en el departamento Norte de Santander.

**Objetivos Específicos:**

Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.

Realizar el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander.

Establecer los indicadores de medición de impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander.

Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.

**Técnica de Recolección:** Manual FIM de la Automatización Industrial

Anexos: A continuación, se colocan los documentos requeridos para la comprensión de la técnica

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: MINAS FORTALEZA NORTE SAS – FORTALEZA 1

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 2 – Vda Santa Cecilia - Cúcuta

Teléfono: 607-574-1200

Representante Legal: Elkin Fernández

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	25
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	0
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	5
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	21
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	6
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	50
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	10
3.3	Monitoreo y Control en tiempo real	15	5

	de los sistemas de bombeo SCADA		
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	25
2.0	Cocheo - Malacateo	21
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	50
Total		96

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: CARBONES CARBONORA SAS – NIVEL 2

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 13 – Vda La Selva - Bochalema

Teléfono: 607-571-0151

Representante Legal: Leonora Pérez

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	43
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	5
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	8
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	15
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	33
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	8
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	10
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	50
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	8

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	2
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	15
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	43
2.0	Cocheo - Malacateo	33
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	50
Total		126

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

### Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: CARBONES CARBONORA SAS – NIVEL 3

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 13 – Vda La Selva - Bochalema

Teléfono: 607-571-0151

Representante Legal: Leonora Pérez

Esquema General del proceso de producción

#### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	15
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	0
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es possible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10



### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	20
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	5
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	40
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	25
2.0	Cocheo - Malacateo	30
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	40
Total		95

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: MINAS FORTALEZA NORTE SAS – FORTALEZA 2

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 7 – Vda La Selva - Bochalema

Teléfono: 607-574-1200

Representante Legal: Elkin Fernández

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	45
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	10
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	5
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	20

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	48
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	10
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	8
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	20

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	35
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	45
2.0	Cocheo – Malacateo	48
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	35
Total		128

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

### **Manual FIM de la Automatización Industrial**

Razón Social: MINAS FORTALEZA NORTE SAS – FORTALEZA 5

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 2 – Vda El Mestizo – El Zulia

Teléfono: 607-574-1200

Representante Legal: Elkin Fernández

Esquema General del proceso de producción

#### **Instrumento de Evaluación:**

##### **Proceso 1. Arrastre**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Evaluación</b>
1.0	Arrastre	80	30
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	10
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es possible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	20
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	5
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	35
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	30
2.0	Cocheo – Malacateo	20
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	35
Total		85

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.



## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: MINAS FORTALEZA NORTE SAS – FORTALEZA 6

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 7 – Vda La Floresta - Sardinata

Teléfono: 607-574-1200

Representante Legal: Elkin Fernández

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	25
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	5
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	5
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	20
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	5
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	30
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	10
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	25
2.0	Cocheo – Malacateo	20
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	30
Total		75

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

### Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: MINAS FORTALEZA NORTE SAS – FORTALEZA 7

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 10 – Vda San Pedro - Cúcuta

Teléfono: 607-574-1200

Representante Legal: Elkin Fernández

Esquema General del proceso de producción

#### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	35
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	8
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es possible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	12
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	23
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	5
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	8
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	38
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	18
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	12

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	8
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	35
2.0	Cocheo – Malacateo	23
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	38
Total		96

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: Montgomery Coal Ltda – Mina Montgomery

NIT: 807.007.402-7

Dirección: KDX 20 – Vda Tabiro – San Cayetano

Teléfono: 310-570-8044

Representante Legal: Jorge Peñaranda

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	45
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	10
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	5
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	20

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	48
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	10
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	8
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	20

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	30
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5



3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	5

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	45
2.0	Cocheo – Malacateo	48
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	30
Total		123

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: Siervo Avendaño Vargas – Mina María Lionza

NIT: 60.366.410

Dirección: KDX 2 – Vda Cerro González – El Zulia

Teléfono: 310-834-1910

Representante Legal: Siervo Avendaño Vargas

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	10
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	0
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es possible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	5

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	11
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	1
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	5

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	25
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	10
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	5

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	10
2.0	Cocheo – Malacateo	11
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	25
Total		46

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente no posee automatización en sus procesos de extracción de carbón y posee un sistema rudimentario.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: Rodrigo Quilaguy SAS – Mina San Tomás

NIT: 900.357.205-0

Dirección: KDX 20 – Vda Ayacucho – San Cayetano

Teléfono: 549-3285

Representante Legal: Rodrigo Quilaguy

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	40
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	15
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es possible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	30
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	10
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	50
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	10
3.3	Monitoreo y Control en tiempo real	15	0

	de los sistemas de bombeo SCADA		
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	40
2.0	Cocheo – Malacateo	30
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	50
Total		120

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: CARBONES CARBONORA SAS – NIVEL 1

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 13 – Vda La Selva - Bochalema

Teléfono: 607-571-0151

Representante Legal: Leonora Pérez

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	20
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	0
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es posible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10



### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	28
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	5
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	8
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	50
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	10

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	15

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	20
2.0	Cocheo - Malacateo	28
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	50
Total		98

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

## Manual FIM de la Automatización Industrial

Razón Social: CARBONES CARBONORA SAS – NIVEL 5

NIT: 900.692.959-0

Dirección: KDX 13 – Vda La Selva - Bochalema

Teléfono: 607-571-0151

Representante Legal: Leonora Pérez

Esquema General del proceso de producción

### Instrumento de Evaluación:

#### Proceso 1. Arrastre

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
1.0	Arrastre	80	15
1.1	Bandas Transportadoras  ¿Existen bandas transportadoras que permitan llevar el carbon extraído del manto hasta los vagones?	20	0
1.2	Básculas de Pesaje  ¿Es possible conocer cuánto carbon es cargado en los vagones al momento de su extracción?	15	0
1.3	Monitoreo y Control en tiempo real de bandas transportadoras y básculas de pesaje.	10	0
1.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	5
1.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 2. Cocheo - Malacateo

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
2.0	Cocheo – Malacateo	50	20
2.1	Locomotora eléctrica  ¿Existe locomotora eléctrica para sacar el carbon en los inclinados?	10	5
2.2	Monitoreo y Control en tiempo real del malacate y/o locomotora eléctrica?	10	0
2.3	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	10	5
2.4	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

### Proceso 3. Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación

Item	Descripción	Puntaje	Evaluación
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	100	40
3.1	Ventiladores y Extractores  ¿Cuentan los sistemas de ventilación con un correcto Sistema de monitoreo y control en tiempo real hacienda uso de sistemas SCADA?	25	15
3.2	Medición de Gases  ¿Actualmente se realiza medición de gases en tiempo real y se tienen las respectivas alarmas en caso de requerir una evacuación?	25	5

3.3	Monitoreo y Control en tiempo real de los sistemas de bombeo SCADA	15	0
3.4	Cumplimiento de RETIE en instalaciones	15	10
3.5	Motores con arranques eléctricos con variadores de velocidad y arrancadores suaves.	20	10

Item	Descripción	Resultado Evaluación
1.0	Arrastre	25
2.0	Cocheo - Malacateo	30
3.0	Monitoreo de gases, sistemas de bombeo y ventilación	40
Total		95

<b>Puntuación para clasificación de la escala de la automatización industrial en mina</b>	
<b>Nivel de automatización industrial en mina</b>	<b>Rango de puntuación mínima</b>
Nivel 1	50 – 129
Nivel 2	130 – 199
Nivel 3	200 – 230

En caso de que alguna mina donde sea aplicado el instrumento, posea un puntaje inferior a 50, quiere decir que la mina no posee automatización en sus procesos y posee un sistema rudimentario.

La mina actualmente posee un Nivel 1 de automatización industrial en sus procesos de extracción de carbón.

#### **Cuadro de Resultados Manual FIM de la Automatización**

<b>Item</b>	<b>Mina</b>	<b>Nivel de automatización</b>	<b>Puntaje</b>
1	Fortaleza 1	Nivel 1	96
2	Nivel 2	Nivel 1	126
3	Nivel 3	Nivel 1	95
4	Fortaleza 2	Nivel 1	128
5	Fortaleza 5	Nivel 1	85
6	Fortaleza 6	Nivel 1	75
7	Fortaleza 7	Nivel 1	96

8	Montgomery	Nivel 1	123
9	María Lionza	Rudimentario	46
10	San Tomás	Nivel 1	120
11	Nivel 1	Nivel 1	98
12	Nivel 5	Nivel 1	95

## Anexo 4. Bases de datos y analisis

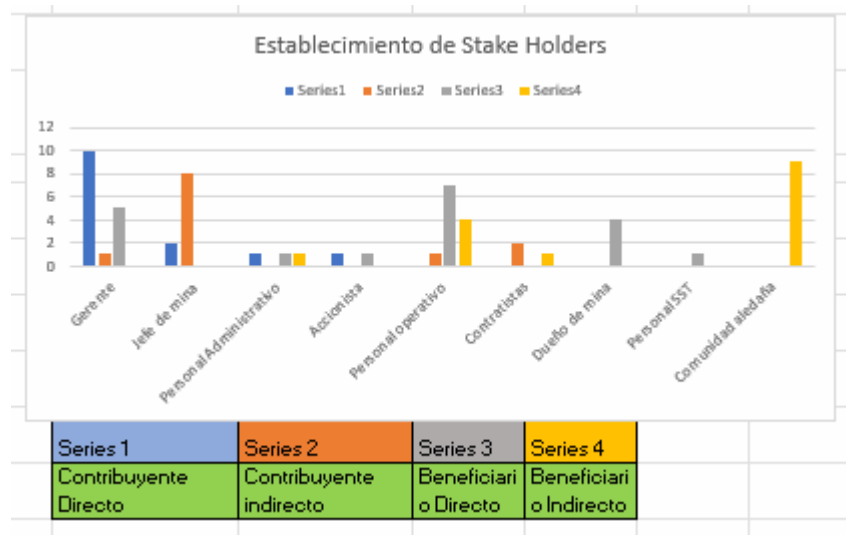
### Volumen de producción



### Stake Holders

ACTORES - STAKE HOLDERS				
Mina	Contribuyentes Directos	Contribuyentes indirectos	Beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos
Fortaleza 1	Gerente	Jefe de mina	Personal administrativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 1			Personal operativo	
Nivel 2	Gerente	Personal Operativo	Titular de mina	Personal operativo
Nivel 2	Personal administrativo	Contratistas	Dueño de mina	Personal administrativo
Nivel 2			Gerente	
Nivel 3	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Comunidad aledaña
Nivel 3			Gerente	
Nivel 3			Personal Operativo	
Fortaleza 2	Gerente	Jefe de mina	Gerente	Comunidad aledaña
Fortaleza 2	Accionista		Accionista	Personal operativo
Fortaleza 5	Gerente	Contratistas	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 5	Jefe de mina			
Fortaleza 6	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 7	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 7			Personal SST	Contratistas
Montgomery	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad

				aledaña
Montgomery		Ingenieros de campo		
Maria Lionza	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Personal operativo
Maria Lionza			Gerente	
San Tomas	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Personal operativo
San Tomas			Gerente	Comunidad aledaña
Nivel 1-5	Jefe de mina	Gerente	Personal operativo	Comunidad aledaña
<b>CONTEO DE COMPARACIÓN</b>				
Gerente	10	1	5	0
Jefe de mina	2	8	0	0
Personal Administrativo	1	0	1	1
Accionista	1	0	1	0
Personal operativo	0	1	7	4
Contratistas	0	2	0	1
Dueño de mina	0	0	4	0
Personal SST	0	0	1	0
Comunidad aledaña	0	0	0	9
<b>Actores Finales</b>	<b>Gerente</b>	<b>Jefe de mina</b>	<b>Personal Operativo</b>	<b>Comunidad aledaña</b>



Ámbito Económico:

Mina	Empleados Operativos	Empleados administrativos	Total Empleos directos	Contratistas
Fortaleza 1	80	10	90	3
Nivel 2	110	9	119	3
Nivel 3	60	5	65	3
Fortaleza 2	105	8	113	3
Fortaleza 5	75	6	81	2



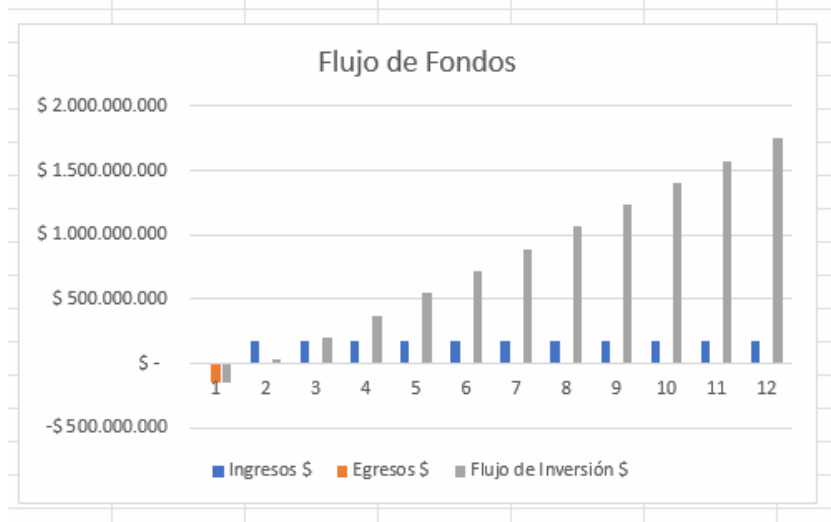
Fortaleza 6	55	4	59	0
Fortaleza 7	115	10	125	3
Montgomery	112	8	120	0
María Lionza	90	7	97	2
San Tomás	95	7	102	2
Nivel 1 - Nivel 5	150	12	162	0
			<b>Promedio contratistas</b>	1,9
			<b>Promedio empleados por mina</b>	103

PIB Norte de Santander Insumos	Explotación minera	6,3%		
	Combustible			
	Equipo especializado minería			
	Equipos eléctricos			
	Plantas Eléctricas			
	Compresores			
	Soldadura			
Impuestos	Regalias	18%	\$	112.500
	Retención en la Fuente	2,5%	\$	15.625
			\$	128.125
Precio del carbón promedio	\$	625.000		
Costo de producción promedio	\$	290.000		

<https://www.laopinion.com.co/economia/pib-de-norte-de-santander-crecio-74-por-habitante-es-de-137-millones#:~:text=PIB%20por%20sectores,%25%20a%2011%2C8%25>

Mes	Ingresos \$	Egresos \$	Flujo de Inversión \$
1		-\$ 141.155.700	-\$ 141.155.700
2	\$ 171.970.000		\$ 30.814.300
3	\$ 171.970.000		\$ 202.784.300
4	\$ 171.970.000		\$ 374.754.300
5	\$ 171.970.000		\$ 546.724.300
6	\$ 171.970.000		\$ 718.694.300
7	\$ 171.970.000		\$ 890.664.300
8	\$ 171.970.000		\$ 1.062.634.300
9	\$ 171.970.000		\$ 1.234.604.300
10	\$ 171.970.000		\$ 1.406.574.300
11	\$ 171.970.000		\$ 1.578.544.300
12	\$ 171.970.000		\$ 1.750.514.300

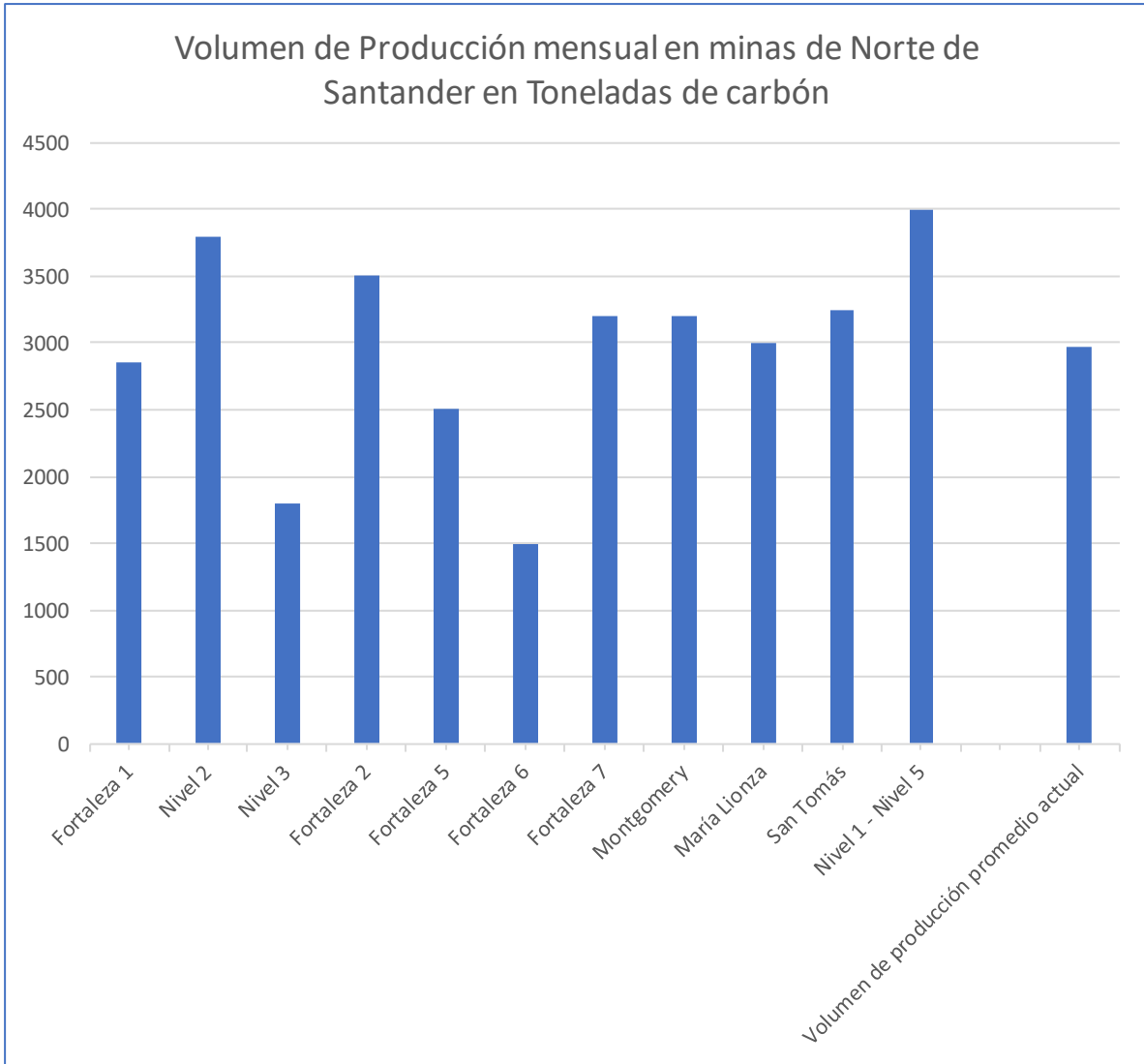
VAN	\$ 975.799.941	Genera Rentabilidad
TIR	122%	TIR por encima de la mínima exigible
Tasa MV	10%	



Item	Mina	Cantidad de producción de carbón mensual en toneladas	cantidad de personal administrativo	cantidad de personal operativo	costos de mantenimiento por tonelada en pesos	contribuyente directo	contribuyente indirecto	beneficiario directo	beneficiario indirecto	insumos requeridos - costo por tonelada	cantidad de contratistas	gastos de combustible en galones	costos de energía eléctrica en pesos	alternativas de automatización mitigación de impacto ambiental
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Fortaleza 1	2860	10	80	30000	Gerente	Jefe de mina	Personal operativo y administrativo	comunidad	maquinaria, equipos, combustibles - 290000	3	1000	22000000	energías renovables, energía solar
2	Nivel 2	3800	9	110	40000	Gerente y Personal administrativo	personal operativo, contratistas	Titular de mina, dueño de mina, gerente	personal operativo, personal administrativo	mano de obra, maquinaria, equipos, combustibles - 300000	3	1900	15000000	Disposición final de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales.
3	Nivel 3	1800	5	60	35000	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina, gerente, personal operativo	Comunidad	combustibles, maquinaria, herramientas, personal, energía eléctrica - 300000	3	800	0	energía solar
4	Fortaleza 2	3500	8	105	40000	Gerente, accionista.	Jefe de mina	Gerente, accionista.	comunidad, personal operativo	mano de obra, maquinaria, equipos, madera, electricidad - 350000	3	1600	18000000	Disposición final de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales.
5	Fortaleza 5	2500	6	75	40000	Gerente, Jefe de mina	contratistas	Personal operativo	comunidad	combustibles, energía eléctrica, personal, equipos especializados - 300000	2	1200	17000000	tratamiento de aguas potable
6	Fortaleza 6	1500	4	55	30000	Gerente	Jefe de mina	Personal operativo	comunidad	maquinaria, equipos, personal, combustibles - 280000	0	900	0	energías renovables, disposición final de residuos sólidos.
7	Fortaleza 7	3200	10	115	40000	Gerente	Jefe de mina	Personal SST y Personal	contratistas y comunidad	energía eléctrica,	3	1600	22000000	energías renovables,

								Operativo		personal, combustible, maquinaria y equipos.				energía solar, energía eólica
8	Montgomery	3200	8	112	37500	Gerente	Jefe de mina, ingenieros de campo	Personal operativo	Comunidad	energía eléctrica, personal, combustible, maquinaria y equipos - 290000	0	2000	18000000	tratamiento de aguas potable
9	María Lionza	3000	7	90	40000	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina, gerencia	personal operativo	energía eléctrica, personal, combustible, maquinaria y equipos - 300000	2	1200	20000000	energía solar
10	San Tomás	3250	7	95	40000	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina, gerencia	comunidad, personal operativo	energía eléctrica, personal, combustible, maquinaria y equipos	2	2000	0	energías renovables
11														
12	Nivel 1 - Nivel 5	4000	12	150	45000	Jefe de mina	Gerente	Personal operativo	Comunidad	energía eléctrica, personal, combustible, maquinaria y equipos	0	4500	28000000	NS/NR
	Volumen de producción promedio actual	2965												
										Promedio de consumo de combustible en mina por mes			\$ 1700	14.545.454,55

ACTORES - STAKE HOLDERS				
	Contribuyentes Directos	Contribuyentes indirectos	Beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos
Fortaleza 1	Gerente	Jefe de mina	Personal administrativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 1			Personal operativo	
Nivel 2	Gerente	Personal Operativo	Titular de mina	Personal operativo
Nivel 2	Personal administrativo	Contratistas	Dueño de mina	Personal administrativo
Nivel 2			Gerente	
Nivel 3	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Comunidad aledaña
Nivel 3			Gerente	
Nivel 3			Personal Operativo	
Fortaleza 2	Gerente	Jefe de mina	Gerente	Comunidad aledaña
Fortaleza 2	Accionista		Accionista	Personal operativo
Fortaleza 5	Gerente	Contratistas	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 5	Jefe de mina			
Fortaleza 6	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 7	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Fortaleza 7			Personal SST	Contratistas
Montgomery	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña
Montgomery		Ingenieros de campo		
Maria Lionza	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Personal operativo
Maria Lionza			Gerente	
San Tomas	Gerente	Jefe de mina	Dueño de mina	Personal operativo
San Tomas			Gerente	Comunidad aledaña
Nivel 1-5	Jefe de mina	Gerente	Personal operativo	Comunidad aledaña
CONTEO DE COMPARACIÓN				
Gerente	10	1	5	0
Jefe de mina	2	8	0	0
Personal Administrativo	1	0	1	1
Accionista	1	0	1	0
Personal operativo	0	1	7	4
Contratistas	0	2	0	1
Dueño de mina	0	0	4	0
Personal SST	0	0	1	0
Comunidad aledaña	0	0	0	9
<b>Actores Finales</b>	Gerente	Jefe de mina	Personal Operativo	Comunidad aledaña



## Anexo 5. Cotización Automatización



**IEMAC J&H S.A.S**

Ingeniería Electromecánica Automatización y Control

N.I.T. 901.406.043-9

El Zulia, 20 de julio de 2023

Señor  
**Roni Mauricio Jaya Camacho**  
 San José de Cúcuta

### **Asunto: Cotización Automatización de procesos mineros**

Estimado ingeniero, a continuación, relaciono la oferta técnico económica para la automatización de procesos mineros, solicitada, según visita técnica realizada a mina María Lionza en la vereda Cerro González del municipio de El Zulia.

### **Oferta Técnica**

#### **Automatización del proceso de arrastre**

Se requiere instalar una banda transportadora de 12 metros de longitud, con un motor trifásico de inducción de 15 HP a 440 VAC, dicho motor requiere de un arranque con variador de velocidad, controlado por un mando manual en sitio y un mando remoto en SCADA, se instalará una báscula donde se podrá pesar el vagón para conocer el material que va siendo arrastrado de forma continua.

#### **Automatización del proceso del coqueo y/o malacateo**

Haciendo uso del malacate existente, se realizará un cambio del tipo de arranque actual (Estrella-triángulo), por un variador de velocidad, esto con el fin de poder integrar al SCADA remoto los mandos escenciales, visualización, registro y monitoreo de variables en tiempo real.

#### **Automatización del proceso de monitoreo de gases y sistemas de bombeo.**

Se instalarán en 8 puntos estratégicos sensores de medición de gases, ajustados a los niveles mínimos requeridos, cuyas variables podrán ser monitoreadas en tiempo real desde el SCADA remoto, así mismo se instalarán alarmas de evacuación en caso de no poder controlar los niveles de gases internos en la mina con los sistemas de ventilación, adicionalmente los sistemas de bombeo serán controlados por nivel y serán asequibles así mismo desde el SCADA remoto. Cabe resaltar que todo cumplirá con la normatividad NTC2050 y el RETIE según las condiciones, con material antiexplosión según requerimientos del ministerio de minas y energía.

Avenida 11 No. 4A-90, Urbanización Rosales, El Zulia, Norte de Santander  
 Teléfonos: 3108580028 – 3212774059  
 gerencia@iemacjyh.com.co – admon@iemacjyh.com.com –  
 www.iemacjyh.com.co



**IEMAC J&H S.A.S**

Ingeniería Electromecánica Automatización y Control

N.I.T. 901.406.043-9

**Oferta Económica**

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor total
1	Diseño, construcción y montaje mecánico de banda transportadora de 12 mts de longitud para arrastre de carbón	1	Global	\$45.232.700	\$45.232.700
2	Suministro e instalación del sistema de arranque con variador de frecuencia para banda transportadora	1	Global	\$22.756.200	\$22.756.200
3	Suministro e instalación de báscula de pesaje	1	Global	\$6.750.000	\$6.750.000
4	Suministro e instalación del sistema de arranque con variador de frecuencia para malacate	1	Global	\$18.756.800	\$18.756.800
5	Suministro e instalación del sistema de sensores para medición y control de gases – monitoreo de sistemas de bombeo	1	Global	\$26.600.000	\$26.600.000
6	Suministro e instalación de RTU, MTU, Sistema SCADA, configuración e integración de los sistemas	1	Global	\$45.000.000	\$45.000.000
<b>Total</b>					<b>\$141.155.700</b>

Avenida 11 No. 4A-90, Urbanización Rosales, El Zulia, Norte de Santander

Teléfonos: 3108580028 – 3212774059

gerencia@iemacjyh.com.co – admon@iemacjyh.com.com –

www.iemacjyh.com.co





**IEMAC J&H S.A.S**

Ingeniería Electromecánica Automatización y Control

N.I.T. 901.406.043-9

La oferta tiene una validez de 30 días, se requiere un anticipo del 50% y pagos por avance de obra mensual, el proyecto tiene una duración de 90 días calendario después de firmada el acta de inicio, se emplearán equipos robustos de marcas comerciales en el mercado.

Cordialmente,

Yair Hernandez B.

**Yair Alexis Hernández Bayona**

Gerente

IEMAC J&H SAS



**Avenida 11 No. 4A-90, Urbanización Rosales, El Zulia, Norte de Santander**

**Teléfonos: 3108580028 – 3212774059**

**gerencia@iemacjyh.com.co – admon@iemacjyh.com.com –**

**www.iemacjyh.com.co**

## Anexo 6. Estudio de Factibilidad



Universidad Francisco de Paula Santander  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Maestría en Gerencia de Empresas

Julio de 2023

### ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

**Título de la Tesis de Maestría:** La automatización industrial en la minería del carbón y su impacto socioeconómico y ambiental en el departamento Norte de Santander

**Autor:** Roni Mauricio Jaya Camacho

**Objetivo General:** Establecer el impacto socio-económico y ambiental de la automatización industrial en la minería del carbón en el departamento Norte de Santander.

**Objetivos Específicos:**

Definir los procesos de extracción que se pueden automatizar en la minería del carbón y los indicadores para la medición del impacto socioeconómico y ambiental a partir de la revisión de la literatura.

Realizar el diagnóstico del estado de los procesos extracción de carbón mineral y su grado de automatización en las empresas dedicadas a la explotación del carbón en Norte de Santander.

Establecer los indicadores de medición de impacto socio económico y ambiental de los procesos actuales de extracción de carbón mineral en Norte de Santander.

Plantear alternativas para la automatización industrial en los procesos de extracción de carbón mineral y su incidencia social, económica y ambiental en el departamento Norte de Santander.

El presente estudio de factibilidad se centra en la construcción de un sistema de automatización industrial aplicable en minas de carbón subterráneo, teniendo en cuenta, lo suscitado en el desarrollo del proyecto, se establece que los procesos automatizables estándar en los procesos de extracción de carbón son:

Proceso	Automatización Industrial viable
Arraste	Este proceso puede automatizarse haciendo uso de bandas transportadoras internas y básculas para llevar el carbón a su respectivo coche, y puede ser monitoreado en tiempo real, sin embargo, dicha automatización depende directamente del espacio en el cual se encuentre el manto, ya que la infraestructura debe ser robusta.
Cocheo – Malacateo	Este proceso se puede automatizar, haciendo uso de los diferentes tipos de arranques de motores eléctricos, pudiéndose también monitorear en tiempo real, haciendo uso de personal de forma directa o remota.
Monitoreo de Gases y sistemas de bombeo	Sistema de supervisión y control en tiempo real de dichos sistemas y utilizando diversos tipos de arranque en los motores trifásicos de inducción.

**Tabla 1. Procesos automatizables**

**Fuente: Autor**

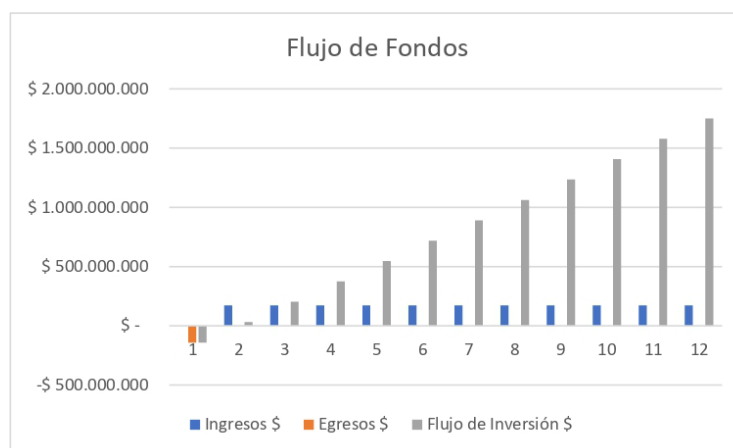
Basado en la recolección de información aplicada en el Manual FIM de la automatización, se estableció que la mina con menos puntuación fue Maria Lionza la cual obtuvo un puntaje de 46, y un nivel de automatización rudimentario. Teniendo en cuenta dicha premisa, se establece que es la mina cuyo costo de automatización de procesos sería el más costoso, por ende, se solicitó a la empresa IEMAC J&H SAS, una cotización para automatizar los procesos y se obtuvo que se requiere una inversión total de \$141.155.700 COP, según el anexo 5.

Teniendo en cuenta lo planteado por kamrany (1974) en su figura 1, los costos de producción en industrias automatizadas frente a industrias convencionales, pueden bajar en cerca de un 20%, por lo que se parte de dicha premisa, teniendo en cuenta que actualmente el costo de producción en minas es en promedio \$290.000.000 COP por tonelada extraída, se tendría en proyección un costo promedio en producción promedio de \$232.000.000 COP por tonelada producida, y basados en que la producción promedio en una mina es de 2965 Toneladas en el mes, se tendría un ahorro constante de \$58.000.000 COP por tonelada y neto mensual de \$171.970.000 por mes, lo que se establece un retorno de inversión al inicio del segundo mes de producción con una pequeña utilidad de \$30.814.300 COP.

Se procede posteriormente a realizar un cuadro de flujo de fondos como se aprecia en el anexo 1 en la pestaña Ámbito económico y se obtiene:

Mes	Ingresos \$	Egresos \$	Flujo de Inversión \$
1		-\$ 141.155.700	-\$ 141.155.700
2	\$ 171.970.000		\$ 30.814.300
3	\$ 171.970.000		\$ 202.784.300
4	\$ 171.970.000		\$ 374.754.300
5	\$ 171.970.000		\$ 546.724.300
6	\$ 171.970.000		\$ 718.694.300
7	\$ 171.970.000		\$ 890.664.300
8	\$ 171.970.000		\$ 1.062.634.300
9	\$ 171.970.000		\$ 1.234.604.300
10	\$ 171.970.000		\$ 1.406.574.300
11	\$ 171.970.000		\$ 1.578.544.300
12	\$ 171.970.000		\$ 1.750.514.300

**Tabla 2. Flujo de Fondos**  
Fuente: Autor



**Figura 1. Flujo de Fondos**  
Fuente: Autor

Como se puede denotar, a inicios del segundo mes ya se estaría obteniendo una rentabilidad, pero, para poder dar estabilidad y criterio a la inversión se procede a calcular el VAN y el TIR, como se muestra en el anexo 1 en la pestaña Ámbito económico y se obtiene:

<b>VAN</b>	\$ 975.799.941
<b>TIR</b>	122%
<b>Tasa MV</b>	10%

**Tabla 3. Cálculo de VAN y TIR**  
Fuente: Autor

Se proyecta un interés MV del 10%, que es un interés extremadamente alto, pero, que permite enfocar el proyecto a grandes escalas, sin embargo, se obtiene un Valor Actual Neto positivo, y una Tasa Interna de Retorno superior al interés lo cual establece que el proyecto es Rentable.