



Plan de negocios proyecto MATIAS para el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en la mina Torteros CMC.

Presentado por:

Soraya Andrea Carrero Rigaud

Michael Andrés Bohormita Albarracín

Corporación Universitaria Minuto De Dios

Sede Virtual Y A Distancia

Facultad De Ciencias Empresariales

Programa Administración En Seguridad Y Salud En El Trabajo

Cúcuta

2026

Plan de negocios proyecto MATIAS para el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud
en el Trabajo en la mina Torteros CMC.

Presentado por:

Soraya Andrea Carrero Rigaud

Michael Andrés Bohormita Albarracin

Director

Paola Andrea Duran Santos

Bacterióloga

Esp. En Gerencia en Salud

Magister en Riesgos Laborales

Trabajo de grado para optar por el título de Administrador en Seguridad y Salud en el
Trabajo

Corporación Universitaria Minuto De Dios

Sede Virtual Y A Distancia

Facultad De Ciencias Empresariales

Programa Administración En Seguridad Y Salud En El Trabajo

Cúcuta

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor, apoyo incondicional, sacrificio y por ser el pilar fundamental que me ha impulsado a seguir adelante y a no rendirme ante las dificultades.

A mi familia, quienes con su comprensión, motivación y palabras de aliento han sido un motor constante en este proceso académico, acompañándome en cada paso hacia el logro de este sueño.

A la Universidad y a todo el cuerpo docente, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento profesional y personal.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que de una u otra forma aportaron a mi formación, brindándome apoyo, motivación y confianza para alcanzar esta meta.

Con gratitud y orgullo, presento este trabajo como el resultado de esfuerzo, disciplina y compromiso con mi proyecto de vida profesional.

Tabla de Contenido

Listado de tablas	8
Listado de figuras.....	10
Resumen ejecutivo	11
Abstrac.....	13
1. Presentación del problema.....	15
1.2 Situación actual y magnitud del problema	15
1.2.1 Causas	16
1.2.2 Efectos.....	16
2. Contexto y justificación.....	18
3. Objetivos.....	19
3.1.1 Objetivo General:.....	19
3.1.2 Objetivos Específicos:.....	19
4. Estudio de mercadeo	20
4.1 Contexto del mercado y antecedentes.....	21
4.3 Análisis y caracterización del consumidor.....	29
4.4 Selección de la población objeto	32
4.5 Fortalezas	33
4.6 Oportunidades	34
4.7 Debilidades.....	36
4.8 Amenazas	37
4.9 Identificación y análisis de la competencia.....	40
5. Estrategia del mercado	43
5.1 Cuadro comparativo con la competencia	43
5.2 Canales de comercialización y distribución	44
5.3 Estrategias de aprovisionamiento (proveedores).....	46

5.4 Estrategia en precios	47
5.6 Estrategia de promoción y publicidad	48
5.7 Propuesta de negocio	49
6. Metodología	51
6.1 Ventajas competitivas y propuesta de valor	52
6.2 Ventajas Competitivas	53
6.3 Estudio Técnico	54
6.4 Componentes técnicos del sistema	55
6.5 Recursos técnicos necesarios	56
6.7 Viabilidad técnica del proyecto:.....	57
6.8 Balance de requerimientos	58
7. Descripción del proceso.....	61
7.1 Capacidad	62
7.2 Capacidad Operativa del Sistema MATIAS	63
7.3 Localización	65
7.4 Macro	67
7.5 Evaluación de la alternativa	68
7.6 Plano o diseño de las instalaciones	69
7.7 Tabla de Distribución Conceptual de Instalaciones	70
8. Estudio Organizacional.....	72
8.1 Estructura organizacional propuesta	72
8.2 Tipo y naturaleza de la empresa	73
8.3 Constitución de la empresa y aspectos legales	74
8.4 Estructura Organizacional	76
8.5 Estrategias corporativas	78
8.6 Políticas	79

Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST):	79
Política de calidad de servicio:.....	79
Política de innovación y desarrollo tecnológico:	80
Política de protección de datos e información:	80
8.7 Valores Corporativos	80
8.9 Estrategias de crecimiento y expansión	81
9. Estudio financiero	83
9.1 Inversiones	84
9.2 Costos.....	86
9.3 Ingresos y proyectos de venta	89
9.4 Ingreso por diseño del proyecto MATIAS.....	90
9.5 Ingresos operativos de seguimiento al proyecto MATIAS	90
9.6 Proyección a 1 año.....	90
9.7 Valor de despacho	91
9.11 Flujo de caja	93
9.12 Flujo de Caja Proyectado – Proyecto MATIAS	94
9.13 Indicadores financieros	95
10. Plan operativo	98
10.1 Cronograma de actividades	100
10.2 Impactos	102
10.3 Impacto económico.....	104
Impacto social	105
10.4 Impacto ambiental	105
Conclusiones.....	107
Perfil de los emprendedores	109
Referencias	111

Anexos.....	113
Cuestionario para validación del plan de negocios – Solución MATIAS (CMC)	113

Listado de tablas

Tabla 1. Estrategias DO.....	39
Tabla 2 . Cuadro comparativo con la competencia.....	43
Tabla 3. Canales de comercialización y distribución.....	45
Tabla 4. Estrategia en precios.....	48
Tabla 5. Ventajas Competitivas.....	54
Tabla 6. Componentes técnicos del sistema.....	55
Tabla 7. Recursos técnicos necesarios.....	56
Tabla 9. Balance de requerimientos.....	59
Tabla 11 Capacidad Operativa del Sistema MATIAS.....	63
Tabla 12 Localización.....	66
Tabla 13 Distribución Conceptual de Instalaciones.....	70
Tabla 15 Estructura organizacional propuesta.....	73
Tabla 17 Estrategias corporativas.....	78
Tabla 18 Estrategias de crecimiento y expansión.....	82
Tabla 19 Estudio financiero.....	84
Tabla 20 Costos.....	86
Tabla 21 Ingreso por diseño del proyecto MATIAS.....	90
Tabla 22 Ingresos operativos de seguimiento al proyecto MATIAS.....	90
Tabla 23 Proyección a 1 año.....	90
Tabla 24 Valor de despacho.....	92
Tabla 25 Flujo de Caja Proyectado – Proyecto MATIAS.....	94
Tabla 26 Indicadores financieros.....	96

Tabla 27 Plan operativo.....	98
Tabla 28 Cronograma de Actividades	100
Tabla 29 Impactos	102

Listado de figuras

Figura 1 Prototipo MATIAS.....	51
Figura 2. Sistema de monitoreo MATIAS	58
Figura 3 Proceso de monitoreo	62
Figura 4 Sistema de monitoreo MATIAS SG-SST.....	71
Figura 5 Estructura Organizacional de MATIAS	77

Resumen ejecutivo

El proyecto MATIAS se fundamentó en el diseño y desarrollo de una propuesta tecnológica orientada al monitoreo en tiempo real de las condiciones de seguridad y al seguimiento del personal en operaciones de minería subterránea. Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de fortalecer los mecanismos de supervisión y control de riesgos dentro de entornos mineros, donde las condiciones de trabajo pueden representar altos niveles de exposición a peligros asociados a la presencia de gases, la limitada comunicación en el interior del socavón y la dificultad para contar con información oportuna sobre la ubicación del personal.

El proyecto plantea la integración de sensores de detección de gases, dispositivos de localización del personal y una plataforma digital de gestión, con el propósito de centralizar la información relevante para el seguimiento de las condiciones de seguridad dentro de la operación minera. A través de este sistema se busca facilitar la disponibilidad de datos en tiempo real, permitiendo mejorar los procesos de supervisión, fortalecer la toma de decisiones y contribuir a una respuesta más oportuna ante posibles situaciones de emergencia dentro de la mina.

La iniciativa surgió a partir del análisis de las condiciones actuales identificadas en la mina Torteros CMC, ubicada en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander, donde se evidenció que los procesos de monitoreo de gases y control del personal se realizan principalmente mediante métodos manuales y registros operativos tradicionales. Esta situación puede limitar la trazabilidad de la información, dificultar el seguimiento continuo de las condiciones del entorno laboral y reducir la capacidad de respuesta ante eventos inesperados dentro del socavón.

En este contexto, el proyecto MATIAS se planteó como una propuesta en fase de diseño, orientada a la formulación de un sistema que permita integrar herramientas tecnológicas aplicadas a la gestión de la seguridad minera. A partir del desarrollo del plan de negocios se analizaron diferentes componentes relacionados con el estudio de mercado, el estudio técnico, la estructura organizacional y la evaluación financiera del proyecto, con el fin de establecer las bases necesarias para evaluar su viabilidad y su posible aplicación dentro del sector.

De esta manera, el proyecto MATIAS busco aportar una alternativa innovadora que contribuya al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en minería subterránea, promoviendo la modernización de los procesos de monitoreo, el mejoramiento de los mecanismos de control de riesgos y la incorporación de tecnologías que favorezcan la transformación digital de las operaciones mineras.

Palabras clave: Minería subterránea, Monitoreo en tiempo real, Seguridad y salud en el trabajo, Detección de gases, Localización de personal, Tecnologías de seguridad minera, Sistema de gestión SG-SST

Abstrac

The MATIAS project is based on the design and development of a technological proposal aimed at real-time monitoring of safety conditions and personnel tracking in underground mining operations. This initiative arises as a response to the need to strengthen risk monitoring and control mechanisms in mining environments, where working conditions may involve high exposure to hazards such as the presence of gases, limited communication within the mine, and difficulties in obtaining timely information about workers' locations.

The project proposes the integration of gas detection sensors, personnel localization devices, and a digital management platform in order to centralize information related to safety conditions within mining operations. Through this system, the project seeks to facilitate the availability of real-time data, improving supervision processes, supporting decision-making, and enabling a more effective response to potential emergency situations within the mine.

The initiative emerges from the analysis of the current conditions identified at Torteros CMC mine, located in Cúcuta, Norte de Santander, Colombia, where monitoring processes are currently carried out mainly through manual methods and traditional operational records. This situation may limit information traceability, reduce continuous monitoring of workplace conditions, and affect the capacity to respond efficiently to unexpected events inside the mine.

In this context, the MATIAS project is currently in the design phase, focusing on the formulation of a monitoring system that integrates technological tools applied to mining safety management. The business plan development included the analysis of several components such as market study, technical study, organizational structure, and financial

evaluation in order to establish the necessary foundations to assess the feasibility and potential implementation of the project within the mining sector.

Therefore, the MATIAS project aims to contribute an innovative alternative that supports the strengthening of Occupational Health and Safety Management Systems (SG-SST) in underground mining, promoting the modernization of monitoring processes, improving risk control mechanisms, and encouraging the incorporation of technological tools that support the digital transformation of mining operations.

Keywords: Underground mining, Real-time monitoring, Occupational health and safety, Gas detection, Personnel tracking , Mining safety technologies, Occupational Health and Safety Management System (OH&S Management System)

1. Presentación del problema

En las operaciones de minería subterránea, el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), constituye uno de los principales retos debido a las condiciones de riesgo presentes en el interior de los socavones. Entre las que se evidenciaron y sobresalieron la presencia de atmosferas contaminadas, las limitaciones en los sistemas de comunicación y las dificultades para realizar un monitoreo permanente del personal dentro de las labores.

En este tipo de entornos, el acceso a información oportuna y confiable sobre las condiciones de seguridad y la ubicación de los trabajadores resulta fundamental para la prevención de incidentes, accidentes y fortalecer la capacidad de respuestas ante situaciones de emergencia. No obstante, en diversos contextos mineros aun predominan los métodos tradicionales de supervisión y control, los cuales pueden restringir la disponibilidad de información en tiempo real y dificultar la toma de decisiones oportunas en materia del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

1.2 Situación actual y magnitud del problema

En la actualidad, muchas operaciones de minería específicamente mina Torteros CMC ubicada en Cucuta, Norte de Santander dependieron de métodos tradicionales para la ejecución del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), mediante el monitoreo y supervisión del personal utilizando detectores de gases y registros manuales de las actividades desarrolladas dentro del socavón. Si bien estos mecanismos o procedimientos permiten un control básico, presentan limitaciones significativas para asegurar un monitoreo continuo, la trazabilidad de la información y su disponibilidad en tiempo real.

Esta deficiencia dificulta la identificación temprana de situaciones de riesgo y la localización inmediata del personal en caso de emergencias, dadas las características propias del ambiente en la minería subterránea, donde se presentan atmosferas potencialmente

peligrosas, restricciones en la comunicación y riesgos inherentes a la operación, se hace evidente la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que optimicen los procesos de supervisión, fortalezcan la ejecución del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), y mejoren la capacidad de respuesta ante emergencias.

1.2.1 Causas

Las principales causas que originan la problemática en la minería subterránea están relacionadas con la persistencia de métodos tradicionales de supervisión y control dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), los cuales limitan la capacidad de monitoreo continuo y restringen el acceso inmediato a información crítica sobre las condiciones de seguridad y la ubicación del personal dentro el socavón.

A esto se suma la carencia de sistemas de comunicación eficientes dentro de los socavones, y la escasa integración de los procedimientos internos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), con herramientas tecnológicas modernas, lo que afecta la trazabilidad de la información y retrasa la toma de decisiones ante situaciones de riesgo o emergencias. Entre las causas indirectas destacan la limitada inversión en tecnologías orientadas a la seguridad minera, y el escaso diseño de soluciones digitales avanzadas para el monitoreo y la gestión del riesgo dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), estos factores contribuyen a mantener brechas en los procesos de supervisión y control, lo que puede incrementar las vulnerabilidades operativas y afectar la eficacia de las estrategias de prevención en las labores de minería subterránea.

1.2.2 Efectos

Como consecuente de las limitaciones presentes en los procesos de monitoreo y supervisión en las operaciones de minería subterránea, puede generarse diversas afectaciones

en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), entre las cuales se encuentra la dificultad para identificar de manera oportuna condiciones de riesgo al interior del socavón, lo que incrementa la exposición de los trabajadores a atmosferas potencialmente peligrosas y a otros factores que pueden comprometer su integridad física.

De igual manera la ausencia de información disponible en tiempo real puede retrasar la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia y dificultar la localización inmediata del personal que se encuentra desarrollando labores dentro el socavón.

En consecuencia, estas condiciones pueden reducir la eficacia de los procesos de prevención, control y seguimiento establecidos dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), limitando la toma de decisiones oportunas y la implementación de acciones correctivas orientadas a fortalecer la seguridad.

2. Contexto y justificación

El sector minero en Colombia se caracteriza por presentar condiciones operativas complejas y altos niveles de riesgo para los trabajadores, debido a la exposición en atmósferas contaminadas, derrumbes y limitaciones en los sistemas de comunicación dentro del socavón. Por tanto, Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), asume un papel fundamental para la prevención de accidentes e incidentes, fortaleciendo la gestión del riesgo.

En el contexto laboral de la mina Torteros CMC ubicada en Cucuta, Norte de Santander, se evidenció que los procesos de monitoreo e inspecciones de seguridad se realizan mediante métodos tradicionales, apoyados en el uso de detectores portátiles y almacenamiento de registros o minutas manuales, lo que limita la disponibilidad de información en tiempo real y dificulta respuesta oportuna ante emergencias. En este sentido, la ubicación del personal operativo en zonas de difícil acceso resalta la necesidad de fortalecer mecanismos de control y supervisión mediante el uso de herramientas tecnológicas que optimicen el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Por tanto, el proyecto MATIAS, surgió como una alternativa tecnológica orientada a fortalecer el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), mediante el diseño de un sistema de monitoreo continuo que permita identificar de manera oportuna las condiciones de riesgo, realizar seguimiento al personal en operaciones subterráneas y centralizar y analizar la información en tiempo real, para la toma de decisiones y respuesta inmediata ante situaciones de emergencia.

3. Objetivos

3.1.1 Objetivo General:

Determinar la viabilidad del plan de negocios del sistema tecnológico MATIAS orientado al monitoreo del SG-SST en la mina Torteros CMC mediante el análisis del mercado, el estudio técnico, organizacional y financiero requerido para su implementación.

3.1.2 Objetivos Específicos:

- Analizar las condiciones del mercado objetivo para el diseño del proyecto MATIAS.
- Definir los requerimientos técnicos y organizacionales necesarios para el diseño del proyecto Matias.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto MATIAS mediante la estimación de inversiones, costos e indicadores económicos.

4. Estudio de mercadeo

El presente estudio de mercadeo se desarrolló tomando como unidad de análisis la mina Torteros CMC, operación dedicada a la explotación subterránea de carbón o hulla, cuya actividad productiva implica exposición permanente a riesgos asociados a atmósferas contaminadas, derrumbes y condiciones operativas que demandan control técnico continuo.

A partir de la información obtenida mediante entrevista semiestructurada con el profesional encargado de la gestión operativa y de seguridad, se identificó que, aunque la mina cuenta con mecanismos tradicionales de seguimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), esta situación limita la trazabilidad en tiempo real, la consolidación oportuna de información y la capacidad de respuesta inmediata ante emergencias en socavón.

Dentro de los principales riesgos señalados se encontró los derrumbes, la exposición a atmósferas mineras subterráneas y las dificultades para realizar un monitoreo permanente del personal dentro de las labores. Así mismo, se evidenció que los procesos de reporte y comunicación ante situaciones críticas dependen en gran medida del “voz a voz” o de la salida del trabajador a superficie para informar novedades, lo que puede generar retrasos en la toma de decisiones.

En este contexto, se identificó una necesidad específica dentro de la mina Torteros CMC la cual es fortalecer la gestión preventiva mediante una herramienta tecnológica que permita integrar el monitoreo del personal en socavón con el seguimiento de condiciones atmosféricas y la centralización digital del SG-SST.

Desde la perspectiva de mercadeo, Torteros CMC represento un cliente organizacional con demanda potencial de soluciones que optimicen la gestión documental, reduzcan tiempos de respuesta, mejoren la trazabilidad de la información y fortalezcan el

control operativo en tiempo real. La disposición manifestada frente a la digitalización de procesos y la implementación de tecnologías que aporten celeridad y soporte en la toma de decisiones evidencia un escenario favorable para evaluar la viabilidad comercial del proyecto MATIAS en esta unidad productiva.

Por lo tanto, el estudio de mercadeo no se orienta a un análisis sectorial amplio, sino a la validación específica de la necesidad, aceptación y pertinencia de la solución tecnológica dentro de la mina Torteros CMC, constituyéndose en el punto de partida para determinar la viabilidad del plan de negocios MATIAS.

4.1 Contexto del mercado y antecedentes

El entorno político colombiano ejerce una influencia determinante sobre el desarrollo, sostenibilidad y modernización de las operaciones mineras, especialmente aquellas de carácter subterráneo, debido al nivel de riesgo inherente a esta actividad. En los últimos años, el Estado colombiano ha fortalecido su política de fiscalización y control técnico en minería, con énfasis particular en la prevención de emergencias y en la reducción de la accidentalidad laboral (Agencia Nacional de Minería [ANM], 2023).

Las emergencias mineras registradas en el país han generado una mayor presión institucional para garantizar el cumplimiento efectivo de las normas de seguridad. En respuesta, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Minas y Energía y la ANM, ha intensificado inspecciones técnicas, requerimientos documentales y procesos sancionatorios en operaciones que no demuestren control adecuado del riesgo (Ministerio de Minas y Energía, 2022). Esta tendencia política crea un entorno en el que las empresas mineras deben adoptar herramientas que no solo permitan cumplir formalmente con la normatividad, sino demostrar gestión preventiva real y trazabilidad de la información.

En el caso de la mina Torteros CMC, este contexto político representa un escenario de alta exigencia regulatoria. La presión institucional no se limita al cumplimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), sino que abarca también el monitoreo atmosférico, la gestión de ventilación y la capacidad de respuesta ante emergencias en socavón. El diseño del proyecto MATIAS se alinea directamente con este marco político, ya que permite fortalecer la supervisión preventiva y generar evidencia digital verificable ante entes de control.

Adicionalmente, la política pública colombiana ha promovido la formalización y tecnificación del sector minero, buscando reducir prácticas informales y elevar estándares operativos. Este enfoque favorece la incorporación de tecnologías digitales orientadas al monitoreo, la automatización y la gestión de datos en tiempo real. Desde esta perspectiva, el entorno político no constituye una barrera para el proyecto, sino un factor que impulsa la necesidad de innovación tecnológica en seguridad minera.

Asimismo, los discursos gubernamentales sobre minería responsable y sostenibilidad han fortalecido la exigencia de prácticas empresariales que prioricen la protección de la vida del trabajador. Esto posiciona a proyectos como MATIAS dentro de una lógica de alineación con políticas públicas orientadas a la prevención, lo cual incrementa su pertinencia estratégica.

En conclusión, la dimensión política del entorno colombiano configura un escenario de alta regulación y vigilancia, donde la adopción de herramientas tecnológicas para el fortalecimiento del SG-SST se convierte en una respuesta coherente a las exigencias estatales y a las expectativas institucionales de control del riesgo.

La dimensión económica del entorno minero colombiano se caracteriza por una dinámica influenciada tanto por factores internacionales, como el precio del carbón en mercados globales, como por variables internas relacionadas con costos operativos,

productividad y cumplimiento normativo. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023), el sector minero-energético continúa siendo un componente relevante dentro de la estructura productiva nacional, aunque enfrenta fluctuaciones derivadas de la volatilidad de los mercados internacionales.

Para operaciones como la mina Torteros CMC, la sostenibilidad económica depende de un equilibrio entre eficiencia productiva y control de costos. Dentro de estos costos se encuentran aquellos asociados a incidentes laborales, paralizaciones por emergencias, sanciones administrativas y afectaciones reputacionales. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2019) ha señalado que los accidentes laborales generan impactos económicos significativos, incluyendo pérdida de jornadas productivas, incremento en primas de seguros y deterioro de la competitividad empresarial.

En este sentido, la inversión en tecnologías de monitoreo preventivo puede interpretarse como una estrategia de mitigación de pérdidas económicas. El diseño de un proyecto como MATIAS permitiría reducir tiempos de respuesta ante eventos críticos, optimizar la trazabilidad de información y fortalecer la toma de decisiones en superficie, lo que puede traducirse en disminución de interrupciones operativas.

Asimismo, la digitalización del SG-SST puede contribuir a la reducción de costos administrativos asociados al manejo de formatos físicos, reprocesos documentales y auditorías prolongadas. Desde una perspectiva de plan de negocios, estos elementos deben analizarse como beneficios económicos indirectos derivados de la implementación tecnológica.

Otro aspecto económico relevante es la creciente necesidad de demostrar gestión eficiente ante inversionistas y aliados estratégicos. Las empresas que incorporan innovación tecnológica en seguridad pueden mejorar su perfil de sostenibilidad y reducir riesgos financieros asociados a contingencias laborales.

Sin embargo, también deben considerarse factores económicos que podrían representar desafíos, como la capacidad de inversión inicial, la estabilidad del flujo de caja y la priorización presupuestal dentro de la operación minera. Por ello, el estudio financiero del proyecto deberá evaluar indicadores como retorno de inversión, punto de equilibrio y periodo de recuperación.

En síntesis, la dimensión económica presenta tanto riesgos como oportunidades. Si bien el sector enfrenta variabilidad y presión sobre costos, la adopción de soluciones tecnológicas orientadas a la prevención puede convertirse en un mecanismo estratégico de optimización financiera y reducción de pérdidas asociadas al riesgo laboral.

La dimensión social del entorno minero colombiano se encuentra estrechamente vinculada a la percepción pública de la actividad extractiva, las condiciones laborales en interior mina y la protección de la vida del trabajador. Históricamente, la minería subterránea ha sido catalogada como una de las actividades económicas con mayores índices de accidentalidad y mortalidad, lo que ha generado una sensibilidad social creciente frente a los estándares de seguridad implementados en este sector (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2019).

En el caso de la mina Torteros CMC, la gestión social interna se relaciona directamente con la cultura organizacional en materia de seguridad y con la confianza que los trabajadores depositan en los sistemas de control existentes. Cuando los trabajadores perciben que los mecanismos de monitoreo son limitados o dependen exclusivamente de registros manuales, pueden generarse brechas en la cultura preventiva y en la percepción de protección institucional.

El diseño del proyecto MATIAS puede impactar positivamente esta dimensión social al fortalecer la percepción de control, supervisión y respaldo técnico. El monitoreo en tiempo

real del personal en socavón y de las condiciones atmosféricas no solo tiene implicaciones operativas, sino también psicológicas, al generar un entorno de mayor seguridad percibida.

Desde una perspectiva comunitaria, las operaciones mineras enfrentan constantemente el escrutinio de la sociedad civil y de las comunidades circundantes. Los accidentes de alto impacto tienden a generar desconfianza y cuestionamientos sobre la responsabilidad empresarial. En este sentido, la adopción de herramientas innovadoras en seguridad puede contribuir a mejorar la legitimidad social de la operación y a fortalecer la reputación corporativa.

Adicionalmente, el fortalecimiento del SG-SST mediante tecnología se alinea con principios de responsabilidad social empresarial, donde la protección de la vida humana constituye un eje central. En un entorno donde la seguridad laboral es cada vez más valorada como indicador de gestión ética, el diseño de MATIAS puede posicionarse como una estrategia de diferenciación socialmente responsable.

En consecuencia, la dimensión social no solo respalda la pertinencia del proyecto, sino que constituye un elemento estratégico dentro del plan de negocios, al generar valor intangible asociado a reputación, clima laboral y sostenibilidad social.

La transformación digital ha impactado significativamente los sectores industriales de alto riesgo, promoviendo la incorporación de sensores inteligentes, sistemas de geolocalización, plataformas de análisis de datos y herramientas de gestión en tiempo real. En el contexto minero, estas tecnologías han comenzado a integrarse progresivamente como mecanismos de control preventivo y optimización operativa (International Labour Organization [ILO], 2015).

No obstante, en operaciones de escala mediana o tradicional, como la mina Torteros CMC, aún pueden existir limitaciones en la integración tecnológica total del SG-SST. La

dependencia de registros manuales y procesos fragmentados reduce la capacidad de análisis inmediato y dificulta la trazabilidad de eventos críticos.

El proyecto MATIAS se inserta dentro de un entorno tecnológico que favorece la digitalización de procesos, la automatización del monitoreo y la centralización de información. La disponibilidad de dispositivos móviles, plataformas en la nube y sensores atmosféricos de bajo consumo energético ha reducido barreras técnicas que anteriormente limitaban la implementación de soluciones digitales en minería subterránea.

Desde el punto de vista del plan de negocios, la dimensión tecnológica representa una oportunidad estratégica, ya que el avance continuo en hardware y software permite desarrollar soluciones escalables y adaptables a las necesidades específicas de la operación. Asimismo, la integración tecnológica puede facilitar auditorías, análisis de indicadores y generación de reportes automatizados.

Sin embargo, también deben considerarse desafíos tecnológicos, como la conectividad en interior mina, la resistencia al cambio por parte del personal y la necesidad de capacitación para el uso adecuado de la plataforma. Estos factores deberán contemplarse dentro del plan de implementación y gestión del cambio organizacional.

En términos generales, el entorno tecnológico actual crea condiciones favorables para la adopción de soluciones innovadoras en seguridad minera, posicionando a MATIAS como un proyecto coherente con las tendencias de modernización industrial. La minería subterránea implica impactos ambientales relacionados con ventilación, manejo de gases, residuos y estabilidad del entorno geológico. Si bien el presente proyecto se centra en la seguridad laboral, la dimensión ambiental se encuentra indirectamente vinculada a la gestión atmosférica y al control de variables internas del socavón.

El monitoreo constante de concentraciones de metano y otros gases no solo responde a criterios de seguridad humana, sino también a estándares ambientales y de control técnico

establecidos por la normativa minera (Ministerio de Minas y Energía, 2022). La implementación de herramientas tecnológicas que permitan medición continua contribuye a una gestión ambiental más responsable.

En el caso de la mina Torteros CMC, el fortalecimiento del control atmosférico mediante una solución digital puede apoyar el cumplimiento de estándares ambientales y reducir la probabilidad de eventos que generen impactos externos significativos.

Desde la perspectiva del plan de negocios, la dimensión ambiental puede convertirse en un valor agregado del proyecto, al integrar seguridad laboral con responsabilidad ambiental. Las empresas que adoptan tecnologías de monitoreo continuo pueden demostrar mayor compromiso con prácticas sostenibles, lo que mejora su posicionamiento institucional.

Por tanto, la dimensión ambiental no representa una restricción para el diseño de MATIAS, sino un factor complementario que refuerza la pertinencia del proyecto dentro de un enfoque de minería responsable.

El entorno legal colombiano en materia de minería subterránea establece un marco normativo riguroso orientado a la prevención de accidentes, el control de atmósferas peligrosas y la protección integral del trabajador. La actividad minera en interior mina está regulada no solo por las disposiciones generales del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), sino también por normativas técnicas específicas que obligan al monitoreo permanente de condiciones ambientales y a la implementación de controles operativos preventivos.

En primer lugar, el Decreto 1072 de 2015, que compila la normativa del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), exige a los empleadores la identificación, evaluación y control continuo de los riesgos laborales, así como la adopción de medidas preventivas basadas en la mejora continua (Ministerio del Trabajo, 2015). Esta disposición obliga a las empresas mineras a implementar mecanismos eficaces de

seguimiento y control del riesgo, especialmente en actividades clasificadas como de alto peligro.

De manera específica para minería subterránea, el Decreto 1886 de 2015 establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas, el cual determina obligaciones relacionadas con ventilación, control de gases, monitoreo atmosférico, planes de emergencia y capacitación del personal (Ministerio de Minas y Energía, 2015). Este decreto exige mediciones permanentes de concentraciones de metano y otros gases explosivos, así como la implementación de sistemas que permitan prevenir acumulaciones peligrosas.

Asimismo, la Resolución 40600 de 2015, también emitida por el Ministerio de Minas y Energía, establece lineamientos técnicos para la ventilación en minas subterráneas, reforzando la necesidad de monitoreo continuo y control atmosférico adecuado (Ministerio de Minas y Energía, 2015a). Estas disposiciones evidencian que el control en tiempo real de condiciones ambientales no es una práctica opcional, sino una exigencia normativa.

Por su parte, la Agencia Nacional de Minería (ANM) ejerce funciones de fiscalización y puede imponer sanciones administrativas ante incumplimientos relacionados con condiciones inseguras o falta de monitoreo técnico (ANM, 2023). La trazabilidad documental y la evidencia objetiva de gestión preventiva son elementos clave durante los procesos de inspección.

En este contexto, el diseño del proyecto MATIAS no introduce una obligación adicional, sino que se posiciona como una herramienta que facilita el cumplimiento efectivo de las normas vigentes. La digitalización del monitoreo atmosférico y la localización del personal en socavón permiten generar evidencia verificable ante autoridades, reducir riesgos de sanción y fortalecer la cultura de cumplimiento normativo.

Desde la perspectiva del plan de negocios, el respaldo normativo constituye un factor estratégico de viabilidad, ya que el proyecto se alinea con obligaciones legales existentes y

responde directamente a exigencias regulatorias claras en materia de seguridad minera subterránea.

4.3 Análisis y caracterización del consumidor

El proyecto MATIAS se orientó a un cliente organizacional, específicamente la mina Torteros CMC, clasificada como pequeña minería formalizada. En este contexto, el proceso de decisión de compra no responde a criterios individuales, sino a un análisis técnico-administrativo en el que intervienen la gerencia y el profesional encargado del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Al tratarse de una sociedad legalmente constituida y con título minero vigente, la organización opera bajo exigencias regulatorias formales y procesos administrativos estructurados. Esto implica que la adopción de una solución tecnológica debe justificarse desde criterios de viabilidad técnica, cumplimiento normativo y eficiencia operativa.

En consecuencia, el consumidor identificado se clasifica como cliente empresarial (B2B), cuya decisión de inversión se fundamenta en análisis de riesgo, beneficios operativos y fortalecimiento del control interno.

La mina Torteros CMC corresponde a una operación de pequeña minería con aproximadamente 150 trabajadores. Se encuentra formalizada legalmente y cuenta con título minero vigente, lo cual implica el cumplimiento de las disposiciones regulatorias en materia de seguridad minera y SG-SST.

La gestión del SG-SST es liderada por un ingeniero responsable del área, lo que evidencia la existencia de una estructura técnica básica para el manejo de la seguridad laboral. Sin embargo, de acuerdo con la información obtenida en la entrevista, los registros del sistema se gestionan principalmente mediante formatos físicos y hojas de cálculo en Excel, lo que indica un nivel de digitalización parcial y una dependencia significativa de procesos manuales.

Las inspecciones se realizan de manera tradicional y la matriz de riesgos no se encuentra actualizada en tiempo real, lo cual limita la capacidad de análisis inmediato ante cambios en las condiciones operativas.

Desde el punto de vista tecnológico, la mina no ha implementado previamente herramientas digitales específicas para la gestión del SG-SST, lo que posiciona a MATIAS como una innovación dentro de la estructura organizacional actual.

En relación con el control del riesgo en interior mina, la operación utiliza multidetectores manuales de gases para la medición de concentraciones atmosféricas. No se cuenta con sistemas fijos ni monitoreo en tiempo real de las condiciones del socavón.

La ausencia de monitoreo continuo limita la trazabilidad inmediata de variables críticas, como la concentración de metano, y reduce la capacidad de respuesta preventiva. Según lo manifestado en la entrevista, la comunicación ante situaciones críticas depende en gran medida del reporte directo del trabajador o del denominado “voz a voz”, lo que puede generar retrasos en la toma de decisiones desde superficie.

Asimismo, no se evidenció la existencia de un sistema interno digital de comunicación o localización del personal en tiempo real, lo que representa una brecha operativa en términos de control y supervisión.

Estos elementos permiten identificar una necesidad concreta de fortalecimiento tecnológico en la gestión del riesgo subterráneo, alineada con la propuesta de valor del proyecto MATIAS.

Con base en la entrevista realizada al ingeniero responsable del SG-SST, se identificaron las siguientes necesidades organizacionales:

- Digitalización y centralización de la información del SG-SST.
- Monitoreo en tiempo real del personal en socavón.
- Seguimiento continuo de condiciones atmosféricas.

- Optimización de tiempos de respuesta ante emergencias.
- Reducción de dependencia de procesos manuales.
- Mejora en la trazabilidad documental para auditorías.

El entrevistado manifestó interés significativo en la implementación de una herramienta tecnológica que permita integrar monitoreo y gestión documental, y consideró la solución como necesaria dentro del contexto operativo actual.

La disposición positiva frente a la innovación y la apertura tecnológica por parte de la gerencia constituyen factores favorables para la viabilidad comercial del proyecto.

Desde la perspectiva de comportamiento organizacional, la mina Torteros CMC presenta características que favorecen la adopción de soluciones tecnológicas:

- Está formalizada y sujeta a fiscalización.
- Cuenta con profesional responsable del SG-SST.
- Reconoce la necesidad de fortalecer la gestión preventiva.
- Manifiesta interés en digitalización.
- Considera la solución como necesaria y no opcional.

Aunque no se dispone de cifras exactas sobre inversión anual en seguridad, se indicó que la empresa invierte lo necesario para cumplir con las exigencias regulatorias. No se reportaron sanciones recientes, lo que evidencia cumplimiento básico, pero también abre la posibilidad de fortalecer el sistema mediante innovación preventiva.

La ausencia de monitoreo en tiempo real y de sistemas digitales integrados representa una oportunidad clara para introducir una solución tecnológica que mejore el control operativo sin reemplazar completamente la estructura existente.

En este diseño del proyecto MATIAS, la demanda inicial se concentra en una unidad empresarial específica, la mina Torteros CMC. Por tanto, el mercado objetivo inmediato está constituido por un cliente organizacional concreto.

Sin embargo, considerando que se trata de pequeña minería formalizada con características similares a otras operaciones de la región, la solución presenta potencial de replicabilidad en minas con estructura comparable.

En consecuencia, la demanda potencial puede analizarse en dos niveles:

- Demanda directa: implementación en Torteros CMC.
- Demanda proyectada: posibilidad de expansión a otras operaciones de pequeña minería formalizada con necesidades similares.

Este enfoque permite sustentar la viabilidad comercial del proyecto MATIAS dentro del plan de negocios.

4.4 Selección de la población objeto

Para el desarrollo del estudio de mercado se definió como población objeto la mina Torteros CMC, operación clasificada como pequeña minería formalizada, con título minero vigente y aproximadamente 150 trabajadores.

La selección de esta unidad empresarial se fundamentó en los siguientes criterios:

- Operación subterránea activa.
- Existencia formal del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- Presencia de riesgos críticos asociados a atmósferas mineras y labores en socavón.
- Disposición institucional para evaluar alternativas tecnológicas orientadas al fortalecimiento del control preventivo.

La información primaria utilizada para el análisis fue obtenida mediante entrevista semiestructurada realizada al ingeniero responsable del SG-SST de la mina, quien aportó datos relacionados con la gestión actual del sistema, los mecanismos de monitoreo existentes y las necesidades identificadas en materia de control y digitalización.

En consecuencia, la mina Torteros CMC constituye una unidad de análisis pertinente para evaluar la viabilidad comercial del proyecto MATIAS dentro del marco del presente plan de negocios.

4.5 Fortalezas

Una de las principales fortalezas del proyecto MATIAS es su enfoque integrador. A diferencia de soluciones tradicionales que atienden componentes aislados (por ejemplo, solo gestión documental del SG-SST o solo medición puntual de gases), MATIAS propone una solución unificada que articula la gestión preventiva con el seguimiento operativo. Esta integración es clave para operaciones como Torteros CMC, donde se evidenció una brecha entre el control administrativo del SG-SST y la capacidad de reacción inmediata ante condiciones cambiantes en interior mina. En términos estratégicos, la fortaleza no es únicamente tecnológica, sino funcional: MATIAS se concibe como un proyecto que traduce el sistema de gestión en decisiones oportunas, sustentadas en información confiable y centralizada.

Otra fortaleza significativa es la pertinencia práctica del problema identificado. La entrevista realizada al ingeniero responsable del SG-SST permitió validar que el seguimiento actual depende en gran medida de registros físicos y apoyos parciales en Excel, y que parte de la comunicación ante emergencias o novedades operativas se apoya en “voz a voz”, lo cual limita la oportunidad de respuesta y la trazabilidad de la información (M. Suárez, comunicación personal, 2026). En este sentido, MATIAS no surge como un proyecto abstracto, sino como una respuesta directa a necesidades reales detectadas dentro de la mina

Torteros CMC. Esta validación primaria fortalece el sustento del plan de negocios, porque demuestra que la propuesta nace de una brecha concreta y no solo de una tendencia tecnológica.

Adicionalmente, MATIAS cuenta con una fortaleza institucional relevante: apertura al cambio y aceptación inicial dentro de la unidad productiva. Según la información recolectada, la gerencia muestra disposición a la innovación, y el ingeniero manifiesta interés real por un proyecto que acelere la gestión, digitalice procesos y entregue información útil para decisiones en tiempo real (M. Suárez, comunicación personal, 2026). Esta disposición es estratégica porque reduce una de las principales causas de fracaso de proyectos tecnológicos: la resistencia organizacional en fase de adopción. En términos de implementación, la aceptación temprana permite plantear un piloto con mayor viabilidad de uso y de apropiación.

Finalmente, una fortaleza adicional es que MATIAS puede ser estructurado en un modelo escalable por módulos (por ejemplo, módulo documental del SG-SST, módulo de monitoreo atmosférico, módulo de localización/alertas y módulo de reportes/indicadores). Esta modularidad es estratégico para una mina de pequeña minería formalizada, porque permite iniciar con una fase esencial (mínimo producto viable) y crecer con base en resultados, presupuesto y madurez organizacional. En términos de plan de negocios, esta fortaleza facilita la puesta en marcha, reduce barreras de entrada y permite mostrar resultados tempranos que legitimen el proyecto.

4.6 Oportunidades

El proyecto MATIAS se inserta en un entorno con oportunidades claras relacionadas con exigencias legales, presión institucional y necesidad de modernización. En Colombia, la gestión de la seguridad y salud en el trabajo no es opcional: las empresas deben garantizar la prevención de riesgos mediante un sistema formal, medible y verificable (Ministerio del Trabajo, 2015). En minería subterránea, la exigencia se intensifica porque los riesgos críticos

requieren controles preventivos y respuesta rápida, con especial atención a condiciones atmosféricas y operacionales (Ministerio de Minas y Energía, 2015). Este entorno crea una oportunidad clave: las organizaciones necesitan herramientas que les permitan evidenciar control real, no solo cumplimiento documental. MATIAS encaja directamente en esa brecha, porque su valor no se limita a “guardar documentos”, sino a mejorar la capacidad de control preventivo.

Otra oportunidad central es la brecha tecnológica identificada en la operación. Torteros CMC utiliza multidetectores manuales de gases, lo que implica mediciones puntuales, y no cuenta con monitoreo en tiempo real ni un sistema interno de comunicación y localización del personal (Suárez, 2026). Esta realidad representa una oportunidad directa: MATIAS puede posicionarse como una solución que mejora la oportunidad de información y fortalece la toma de decisiones, sin depender exclusivamente del reporte humano. Cuando el control se basa en “voz a voz” o en información que llega tarde, la oportunidad de intervención se reduce. Por tanto, existe una oportunidad para el proyecto MATIAS que entrega información en tiempo real.

Existe además una oportunidad de mercado por el tamaño y características de Torteros CMC: pequeña minería formalizada, aproximadamente 150 trabajadores, sociedad con título vigente y SG-SST implementado. Este perfil implica que hay estructura mínima para adoptar el diseño del proyecto MATIAS (responsable técnico, procesos básicos, necesidad de evidencia), pero aún hay espacio de mejora. Esto es ideal para un plan piloto, porque la organización tiene condiciones de adopción y, al mismo tiempo, necesidades no resueltas. Desde una perspectiva empresarial, validar MATIAS en Torteros CMC abre la puerta a replicabilidad en otras minas con perfiles similares, sin necesidad de reformular la solución desde cero.

4.7 Debilidades

La primera debilidad relevante del proyecto MATIAS es su condición de solución en fase de diseño/prototipo, lo cual implica ausencia de historial operativo consolidado dentro de la mina Torteros CMC. En términos de adopción, cuando una solución es nueva, la organización puede exigir pruebas de confiabilidad, estabilidad, soporte y resultados tangibles antes de comprometer una implementación a mayor escala. Esta debilidad no invalida el proyecto, pero exige una estrategia de puesta en marcha gradual, con validaciones técnicas y un piloto controlado que permita demostrar resultados tempranos.

Otra debilidad crítica se relaciona con la dependencia de infraestructura tecnológica. Aunque el proyecto se diseña para facilitar el SG-SST, su funcionamiento (especialmente si incorpora monitoreo y alertas) requiere condiciones mínimas: dispositivos compatibles, una arquitectura de datos organizada, protocolos de manejo de información y, en algunos casos, conectividad en interior mina o mecanismos alternos de transmisión. De acuerdo con la entrevista, Torteros CMC no cuenta con un sistema interno de comunicación y la gestión actual es en gran parte tradicional (Suárez, 2026). Esto implica que parte del éxito del proyecto MATIAS dependerá de la capacidad de adaptar la solución a limitaciones reales del entorno, diseñando mecanismos robustos para operación con conectividad limitada y definiendo procedimientos claros para continuidad del servicio.

En términos de plan de negocios, otra debilidad es la definición inicial de costos e inversiones, dado que el proyecto incorpora componentes que pueden variar: dispositivos, configuración, soporte, actualizaciones, mantenimiento y capacitación. Si la estructura financiera no se plantea con claridad desde el inicio, la organización puede percibir incertidumbre y posponer decisiones. Además, por tratarse de pequeña minería, el presupuesto puede estar limitado a “lo necesario”, como se indicó en la información

suministrada. Esto obliga a diseñar un modelo económico flexible, con opciones modulares y escalables.

4.8 Amenazas

Una amenaza relevante es el ingreso de competidores con mayor músculo financiero o posicionamiento. En el mercado existen empresas de software SG-SST y proveedores de tecnología industrial que podrían ampliar su oferta hacia soluciones integradas si identifican demanda suficiente. Incluso si hoy no hay un competidor directo idéntico, el entorno tecnológico cambia rápidamente. Esta amenaza se mitiga diferenciando MATIAS por especialización, adaptación a la realidad operativa y soporte cercano, además de construir evidencia de resultados en Torteros CMC como caso de éxito.

También constituye una amenaza la conectividad y la operación en entornos subterráneos, ya que el interior mina impone barreras físicas para transmisión y cobertura. Si MATIAS depende de conectividad continua, se vuelve vulnerable a fallas técnicas. Esto obliga a diseñar arquitectura robusta para que la solución no se perciba como inestable. Cuando una herramienta falla en momentos críticos, pierde confianza rápidamente, lo cual es especialmente sensible en seguridad.

Con base en la entrevista aplicada al responsable del SG-SST, el análisis DOFA permite concluir que el proyecto MATIAS cuenta con fortalezas relevantes y oportunidades claras asociadas a necesidades reales de la mina Torteros CMC y a un entorno normativo exigente. Las debilidades identificadas (fase prototipo, infraestructura, capacitación) no constituyen un impedimento, sino un punto de partida para estructurar estrategias DO que conviertan esas limitaciones en acciones concretas de implementación. En este sentido, MATIAS se consolida como una solución estratégica al integrar monitoreo, trazabilidad y gestión preventiva, elevando el desempeño del SG-SST y fortaleciendo la toma de decisiones en interior mina.

Las estrategias DO en el caso del proyecto MATIAS, adquiere una relevancia particular, ya que permite demostrar cómo las limitaciones iniciales del sistema pueden convertirse en elementos que impulsen el desarrollo de un proyecto tecnológico alineado con las necesidades reales de la mina Torteros CMC.

La mina Torteros CMC presenta características organizacionales que favorecen la validación inicial del sistema, tales como la existencia de un SG-SST formalmente implementado, la presencia de un profesional responsable de la gestión preventiva y la disposición institucional hacia la incorporación de herramientas tecnológicas que faciliten el control de los procesos de seguridad. En este sentido, la implementación de MATIAS mediante un piloto controlado permite transformar la falta de experiencia previa del sistema en una oportunidad para validar su funcionamiento en condiciones reales de operación, generando evidencia empírica que respalde su utilidad dentro de la gestión preventiva. soluciones tecnológicas diseñadas específicamente para operar en entornos complejos.

Sin embargo, esta condición también constituye una oportunidad estratégica para la implementación de herramientas tecnológicas orientadas a la digitalización del sistema de gestión. En este sentido, MATIAS se posiciona como una estrategia que permite centralizar la información del SG-SST en una plataforma digital, facilitando el registro sistemático de datos, el seguimiento de indicadores y la generación de reportes en tiempo real. Esta digitalización contribuye a mejorar la organización de la información y fortalece la capacidad de análisis para la toma de decisiones preventivas dentro de la operación minera.

Asimismo, la necesidad de capacitación del personal para el uso del sistema puede interpretarse inicialmente como una debilidad, especialmente en contextos donde los procesos de gestión han sido desarrollados históricamente mediante métodos tradicionales. No obstante, desde una perspectiva estratégica, esta situación puede convertirse en una

oportunidad para fortalecer la cultura organizacional en materia de prevención de riesgos laborales.

Tabla 1.

Estrategias DO

Debilidad identificada	Oportunidad del entorno	Estrategia MATIAS
El sistema MATIAS no había sido validado previamente en un entorno operativo real dentro de la minería subterránea.	La mina Torteros CMC manifestó interés institucional en fortalecer la gestión del SG-SST y optimizar los mecanismos de control en sus operaciones.	Se propuso el desarrollo de un programa piloto de implementación dentro de la mina, con el propósito de evaluar el desempeño del sistema, validar su funcionamiento y evidenciar su aporte en condiciones reales de operación.
El funcionamiento del sistema dependía de la disponibilidad de infraestructura tecnológica adecuada.	Los avances tecnológicos facilitaron el desarrollo de soluciones adaptadas a entornos industriales complejos.	Se diseñó una arquitectura tecnológica adaptable que contempló almacenamiento local de la información y sincronización posterior con la plataforma central, garantizando la continuidad operativa aun en condiciones de conectividad limitada.
La gestión del SG-SST se desarrollaba principalmente mediante registros físicos y herramientas de control básicas.	Se identificó una creciente necesidad de digitalización de los procesos asociados a la seguridad y salud en el trabajo.	Se planteó la implementación de MATIAS como una plataforma digital de integración del SG-SST, orientada a centralizar la información, mejorar la trazabilidad de los procesos y

		facilitar la toma de decisiones basada en datos.
Existía la posibilidad de que el personal requiriera procesos de formación para el uso adecuado del sistema tecnológico.	Se evidenció la oportunidad de fortalecer la cultura preventiva dentro de la organización.	Se diseñaron procesos de capacitación y acompañamiento dirigidos al personal operativo y administrativo, con el fin de facilitar la adopción del sistema y promover el fortalecimiento de la cultura de prevención.
Se identificaron posibles limitaciones presupuestales para la implementación inicial del sistema.	Se reconoció la posibilidad de desarrollar soluciones tecnológicas escalables y adaptables a diferentes niveles de inversión.	Se diseñó una arquitectura modular que permitió proyectar la implementación progresiva de las funcionalidades del sistema MATIAS, de acuerdo con las capacidades técnicas y financieras de la organización.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

4.9 Identificación y análisis de la competencia

En el mercado Existen diversas empresas que ofrecen soluciones tecnológicas orientadas al monitoreo de condiciones de seguridad en entornos mineros e industriales, principalmente mediante la comercialización de sensores de detección de gases y equipos portátiles de medición atmosférica. Sin embargo, muchas de estas soluciones se enfocan en Dispositivos individuales y no en sistemas integrales que permitan centralizar la información y realizar un monitoreo continuo en tiempo real.

El diseño del proyecto MATIAS busco diferenciarse mediante la integración de sensores de monitoreo, dispositivos de localización del personal y una plataforma digital que permita gestionar la información de manera centralizada, facilitando la toma de decisiones y fortaleciendo los procesos dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en operaciones de minería subterránea.

En el mercado internacional existen diversas empresas especializadas en el desarrollo de tecnologías orientadas al monitoreo de condiciones de seguridad en entornos industriales y mineros. A continuación, se presentan algunas de las compañías más representativas en este sector :

Honeywell International Inc.: Es una empresa multinacional especializada en el desarrollo de soluciones tecnológicas para diferentes sectores industriales incluyendo la seguridad minera. Dentro de su portafolio ofrece sistemas avanzados de detección de gases, dispositivos portátiles de monitoreo y plataformas de gestión de seguridad industrial que permiten supervisar las condiciones ambientales en entorno de alto riesgo.

Dräger: Es una compañía internacional de origen alemán reconocida por el desarrollo de tecnologías de seguridad y monitoreo para entornos industriales y mineros, la empresa ofrece equipos de detección de gases sistema de monitoreo atmosférico y soluciones de protección personal orientadas a mejorar la seguridad de los trabajadores en ambientes con presencia de riesgos químicos o atmosféricos.

MSA Safety Incorporated: Es una empresa líder en el desarrollo de soluciones de seguridad industrial, con una amplia trayectoria en la fabricación de equipos de detección de gases, sistemas de monitoreo ambiental y dispositivos de protección para trabajadores en sectores como la minería, energía y la industria pesada.

Aunque estas empresas ofrecen soluciones tecnológicas avanzadas para la detección de gases y monitoreo de condiciones de seguridad, muchas de estas herramientas se

comercializan como equipos individuales. En este contexto, el proyecto MATIAS propone el desarrollo de una solución tecnológica que integra sensores, sistema de localización del personal y una plataforma digital para la gestión centralizada de la información, Orientada a fortalecer los procesos de monitoreo y supervisión en operaciones de minería subterránea.

5. Estrategia del mercado

La estrategia del mercado del proyecto MATIAS se orientó al segmento empresarial del sector minero, específicamente a compañías que desarrollan operaciones de minería subterránea y que requieren fortalecer los procesos de monitoreo de condiciones de seguridad y seguimiento del personal dentro del socavón. En ese contexto, la propuesta se enfoca en ofrecer una solución tecnológica integral que permita optimizar la gestión de la seguridad mediante el monitoreo en tiempo real de variables críticas dentro del socavón.

A diferencia de muchas soluciones existentes en el mercado internacional, que generalmente se enfocan en dispositivos individuales de detección de gases o equipos portátiles de monitoreo, el proyecto MATIAS propone la integración de sensores de detección de gases, dispositivo de localización del personal, comunicación inmediata Aries terna el socavón y una plataforma digital de gestión de la información, esta integración permite centralizar los datos de seguridad en un sistema único, facilitando la supervisión continua, la trazabilidad de la información y la toma de decisiones oportunas dentro del del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

De esta manera, MATIAS se posiciono como una alternativa tecnológica innovadora y viable para el sector minero, al ofrecer una solución que no solo contribuye a mejorar los procesos de monitoreo y control de riesgo, sino que también promueve la digitalización de la gestión de la seguridad en operaciones de minería subterránea.

5.1 Cuadro comparativo con la competencia

Tabla 2

Cuadro comparativo con la competencia

Empresa / Solución	Tipo de tecnología	Características principales	Limitaciones	Ventaja del proyecto MATIAS

Honeywell	Detectores de gases industriales	Equipos portátiles y sistemas de monitoreo ambiental	Sistemas enfocados en sensores individuales	Integración de sensores, localización del personal y plataforma digital
Dräger	Equipos de seguridad y monitoreo atmosférico	Detectores de gases y equipos de protección industrial	Equipos independientes sin integración completa de información	Monitoreo centralizado y gestión digital de la información
MSA Safety	Sistemas de detección de gases	Equipos portátiles y sistemas de monitoreo ambiental	Limitada integración con plataformas de seguimiento del personal	Sistema integral que permite monitoreo continuo y trazabilidad
Proyecto MATIAS	Sistema tecnológico integrado	Sensores de gases + localización del personal + plataforma digital	Proyecto en fase de desarrollo	Solución integral orientada a la gestión del SG-SST y monitoreo en tiempo real

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

En este contexto, el proyecto MATIAS busco posicionarse como una solución tecnológica innovadora dentro del sector minero, al integrar diferentes herramientas de monitoreo en una sola plataforma orientada a fortalecer los procesos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), Mejorar la supervisión de las operaciones subterráneas y optimizar la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

5.2 Canales de comercialización y distribución

Los canales de comercialización del proyecto MATIAS estuvieron orientados principalmente hacia el mercado empresarial del sector minero, a través de estrategias de ventas dirigidas a compañías que desarrollen operaciones de minería subterránea. La propuesta tecnológica fue presentada mediante procesos de reuniones técnicas,

demostraciones funcionales del sistema y en espacios de socialización con delegados de empresas mineras, con el propósito de bien sean los beneficios del proyecto MATIAS en el fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Adicionalmente, se contempló el establecimiento de estratégicas alianzas con otras empresas del sector de la seguridad industrial, proveedores de tecnología y organizaciones vinculadas a la actividad minera, lo cual permitió ampliar nuestro alcance comercial del proyecto y facilitar su posicionamiento dentro del mercado regional y nacional. En relación con los canales de distribución, la implementación de las obras del proyecto MATIAS se realizará directamente en las instalaciones de las empresas o clientes, mediante la instalación e integración de sensores de monitoreo de condiciones atmosféricas, dispositivo de localización del personal, sistemas de comunicación y una plataforma digital orientada a la centralización y gestión de la información en tiempo real. De igual manera, se incluirá procesos de capacitación dirigidos al personal responsable de la operación del sistema, así como acompañamiento técnico durante las etapas iniciales de implementación con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento del proyecto MATIAS y su correcta articulación con los respectivos procesos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Tabla 3. *Canales de comercialización y distribución*

Tipo de canal	Estrategia
Comercialización directa	Presentación del proyecto MATIAS a empresas mineras
Alianzas estratégicas	Convenios con empresas de tecnología y seguridad industrial
Demostraciones técnicas	Presentación del sistema en eventos o reuniones empresariales
Distribución e implementación	Instalación del sistema en las operaciones mineras

Capacitación	Formación al personal sobre el uso de la plataforma y dispositivos
--------------	--

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

5.3 Estrategias de aprovisionamiento (proveedores)

Para el desarrollo e implementación del proyecto MATIAS, se establecieron estrategias de aprovisionamiento orientadas a lograr y garantizar la disponibilidad de los recursos tecnológicos, equipos de monitoreo y herramientas necesarias para el funcionamiento del proyecto MATIAS. Estas estrategias contemplaron una selección de proveedores especializados en tecnologías de seguridad industrial, monitoreo de gases, dispositivos de localización y desarrollo de plataformas digitales con el fin de lograr y asegurar la calidad, confiabilidad y compatibilidad de los componentes que integran el proyecto.

Dentro del proceso de aprovisionamiento se realizó la contratación de proveedores reconocidos en el sector tecnológico industrial y como que cuenten con experiencia en el suministro de equipos para entornos de alto riesgo como la minería subterránea. Entre los principales recursos adquiridos se encuentran sensores de detección de gases, dispositivos de geolocalización del personal como e infraestructura tecnológica para la gestión de datos y software especializado para el monitoreo en tiempo real.

De igual manera se promovió las alianzas estratégicas con empresas proveedoras de tecnología con el propósito de facilitar la transferencia de conocimiento, el soporte técnico y la actualización permanente de los equipos utilizados en el proyecto. De esta manera, se buscó garantizar la sostenibilidad operativa del proyecto y la adecuada integración de las tecnologías implementadas con los procesos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Adicionalmente, los criterios de selección de proveedores estuvieron basados en aspectos como la calidad del producto, cumplimiento normativo, soporte técnico

tiempo de entrega, costos competitivos y capacidad de innovación tecnológica, factores que permitirán asegurar la confiabilidad y eficiencia de los componentes que conforman el proyecto MATIAS.

5.4 Estrategia en precios

la estrategia de precio del proyecto MATIAS estuvo orientada bajo un enfoque de precio basado en el valor, considerando los beneficios que la solución tecnológica aporta en términos de mejora de la seguridad laboral, optimización del monitoreo de condiciones de riesgo y fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en operaciones de minería subterránea.

Dado que las características de cada operación minera pueden variar en función del número de trabajadores, extensión del socavón y requerimientos tecnológicos específicos el modelo de precios se estructuró de manera flexible y escalable, permitiendo adaptar la solución a las necesidades particulares de cada empresa o cliente. En este sentido, el costo de implementación del proyecto MATIAS contempló componentes asociados al suministro de sensores de monitoreo, dispositivo de localización del personal, desarrollo e integración de la plataforma digital, instalación del sistema y procesos de capacitación y soportes técnico.

Adicionalmente, se contempló la posibilidad de establecer modelos de pago por implementación inicial del sistema y tarifas periódicas por mantenimiento, actualización tecnológica y soporte operativo, lo cual permitirá garantizar la sostenibilidad del servicio y la mejora continua del proyecto MATIAS.

La estrategia de precios buscó mantener niveles competitivos frente a las soluciones tecnológicas existentes en el mercado internacional, resaltando como ventaja diferencial la integración de múltiples funcionalidades dentro de una sola plataforma orientada a la gestión de la seguridad en minería subterránea. De esta manera, el proyecto MATIAS se posicionó

como una alternativa viable y eficiente para las empresas del sector minero interesadas en fortalecer sus procesos de prevención, monitoreo y control de riesgos laborales.

Tabla 4

Estrategia en precios

Componente del servicio	Descripción
Implementación inicial	Instalación de sensores, dispositivos de monitoreo y configuración del sistema
Plataforma tecnológica	Acceso a la plataforma digital de monitoreo y gestión de información
Capacitación	Formación al personal sobre el uso del sistema
Soporte técnico	Acompañamiento técnico y mantenimiento del sistema
Actualización tecnológica	Mejoras y actualizaciones del software y dispositivos

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

De esta manera, la estrategia de precios del proyecto MATIAS busco ofrecer una solución tecnológica competitiva y adaptable a las necesidades del sector minero, garantizando un equilibrio entre innovación tecnológica, sostenibilidad operativa y valor agregado en la gestión de la seguridad laboral.

5.6 Estrategia de promoción y publicidad

La estrategia de promoción y publicidad del proyecto MATIAS estuvo orientada a posicionar la solución tecnológica dentro del sector minero como una herramienta innovadora para el fortalecimiento de la seguridad laboral y la optimización de los procesos de monitoreo en operaciones de minería subterránea.

Para ello, se implementaron acciones de promoción dirigidas principalmente empresas del sector minero, responsable de seguridad industrial, area de gestión del riesgo y salud en el trabajo. Entre las principales estrategias se contempla la realización de presentaciones

técnicas del proyecto, demostraciones funcionales del sistema y socialización de los beneficios de la solución tecnológica con el propósito de evidenciar su aplicabilidad y valor agregado dentro de las operaciones mineras.

Asimismo, se promovió la participación en espacios académicos, eventos del sector minero, feria de seguridad industrial y encuentros empresariales, los cuales permitirán difundir la propuesta tecnológica y establecer redes de contacto con potenciales clientes y aliados estratégicos.

De igual manera se contempló el uso de herramientas digitales y medios de comunicación especializados, tales como página web institucionales, redes profesionales y material audiovisual demostrativo del funcionamiento del proyecto, con el fin de fortalecer el posicionamiento del proyecto MATIAS y facilitar el acceso a información sobre sus características y beneficios. A través de estas estrategias se buscó generar reconocimiento del proyecto dentro del sector, fortalecer su posicionamiento como una solución tecnológica viable y promover su adopción por parte de empresas interesadas en mejorar la gestión de la seguridad en minería subterránea.

5.7 Propuesta de negocio

La propuesta de negocio del proyecto MATIAS se fundamentó en el diseño y desarrollo de una solución tecnológica orientada al monitoreo en tiempo real de las condiciones de seguridad y la localización del personal en operaciones de minería subterránea, con el objetivo de fortalecer los procesos de prevención de riesgos, supervisión operativa y gestión de la información dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

La solución integro sensores para la detección de gases, dispositivo de localización del personal y una plataforma digital de gestión, los cuales permiten centralizar y analizar información operativa en tiempo real, facilitando la generación de alertas tempranas ante

condiciones potencialmente peligrosas dentro del socavón. De esta manera, el sistema contribuyo a mejorar el control de las condiciones de trabajo, optimizar los procesos de monitoreo de seguridad y fortalecer la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

El proyecto estuvo dirigido principalmente a empresas del sector minero que desarrollan actividades de minería subterránea, las cuales requieren incorporar herramientas tecnológicas que le permitan mejorar sus mecanismos de control y supervisión, optimizar la gestión de la seguridad laboral y apoyar la toma de decisiones basadas en información confiable y actualizada. En este contexto, el proyecto MATIAS se posiciono como una alternativa innovadora dentro del mercado al integrar múltiples tecnologías en una sola plataforma orientada a la gestión de la seguridad minera. De esta manera, la propuesta apporto valor a las organizaciones mediante el fortalecimiento de los procesos de monitoreo, la reducción de la exposición a riesgos laborales y la modernización de los sistemas de supervisión en entornos operativos de alta complejidad.

El proyecto MATIAS no solo propuso una solución tecnológica para el sector minero, sino que también contribuye al fortalecimiento de la cultura de prevención, la transformación digital de los procesos de seguridad y la mejora continua en la gestión del riesgo laboral.

6. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto MATIAS se enmarca en un enfoque descriptivo y aplicado, orientado al análisis de las condiciones actuales de monitoreo de seguridad en operaciones de minería subterránea y al diseño de una propuesta tecnológica que permita mejorar la gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

El proceso metodológico se estructuró en diferentes fases que permitieron identificar la problemática, analizar el contexto operativo y formular la propuesta de solución tecnológica.

Estas etapas se describen a continuación:

Fase 1 recolección de información: en esta etapa se realizó la recopilación de información relacionada con las condiciones de seguridad presentes en operaciones de minería subterránea, Así como el análisis de los métodos actualmente utilizados para el monitoreo de gases y la supervisión del personal dentro del socavón. Para ello se consideraron fuentes documentales, normativas aplicables en materia de seguridad minera y observaciones del contexto operativo.

Fase 2 análisis de la problemática: Posteriormente se realizó un análisis de la información recopilada, con el fin de identificar las principales limitaciones en los procesos de monitoreo de seguridad y supervisión del personal en entorno de minería subterránea. Este análisis permitió establecer las causas y efectos asociados a la problemática, así como las necesidades de mejora en la gestión del riesgo laboral.

Fase 3 diseño de la solución tecnológica: Con base en el análisis realizado, se procedió al diseño conceptual del proyecto MATIAS, el cual propone la integración de sensores de detección de gases, dispositivo de localización del personal y una plataforma digital para el monitoreo en tiempo real de las condiciones de seguridad. Esta etapa incluyó la

definición de los componentes tecnológicos del sistema y su posible aplicación dentro de las operaciones mineras.

Figura 1

Prototipo MATIAS



Fuente: SENA - Tecnoparque 2026

Fase 4 estructuración del plan de negocios: finalmente, se realizó la estructuración del plan de negocio del proyecto, en el cual se definieron aspectos relacionados con el análisis de mercado, estrategias comerciales, Estimación de costos y viabilidad de la propuesta tecnológica, con el propósito de evaluar su potencial e implementación en el sector minero.

6.1 Ventajas competitivas y propuesta de valor

La propuesta de valor del proyecto MATIAS se basó en ofrecer una solución tecnológica integral orientada al monitoreo en tiempo real de las condiciones de seguridad y la localización del personal en operaciones de minería subterránea, con el propósito de fortalecer la gestión del riesgo laboral y mejorar los procesos de supervisión dentro de las organizaciones mineras. A través de la integración de sensores de detección de gases, dispositivos de localización y una plataforma digital de gestión de información, el sistema

permite centralizar y analizar datos operativos en tiempo real, facilitando la identificación oportuna de condiciones potencialmente peligrosas dentro del socavón y mejorando la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

De esta manera, el proyecto MATIAS apporto valor a las empresas del sector minero al proporcionar una herramienta tecnológica que contribuye a optimizar los procesos de monitoreo de seguridad, mejorar la toma de decisiones basadas en información actualizada y fortalecer el cumplimiento de los lineamientos establecidos en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Asimismo, la solución propuesta promovió la transformación digital de los procesos de supervisión en entorno de alto riesgo, permitiendo a las organizaciones avanzar hacia modelos de gestión más eficientes, seguros y sostenible dentro de sus operaciones.

6.2 Ventajas Competitivas

El proyecto MATIAS presento diversas ventajas competitivas frente a otras soluciones tecnológicas disponibles en el mercado, las cuales se relacionan principalmente con la integración de múltiples funcionalidades en un solo sistema orientado a la gestión de la seguridad en minería subterránea.

Una de las principales ventajas del proyecto radico en su capacidad para integrar diferentes tecnologías de monitoreo en una sola plataforma, lo cual permite centralizar la información operativa y facilitar el seguimiento continuo de las condiciones de seguridad dentro del socavón. Adicionalmente, el sistema permitió realizar monitoreo en tiempo real de variables críticas como la presencia de gases peligrosos y la ubicación del personal, lo que contribuye a mejorar la prevención de accidentes y fortalecer la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

Otra ventaja competitiva se relacionó con su enfoque en el fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), Permitiendo a las

empresas contar con la información organizada y trazable que facilite la supervisión de las condiciones de trabajo y la toma de decisiones orientadas a la reducción del riesgo laboral. De igual manera, el proyecto MATIAS promovió la modernización de los procesos de control y supervisión en la minería subterránea, mediante la incorporación de herramientas tecnológicas que permiten optimizar la gestión de la seguridad y mejorar la eficiencia operativa en el entorno de alto riesgo.

Tabla 5

Ventajas Competitivas

Ventaja	Descripción
Monitoreo en tiempo real	Permitió la supervisión continua de las condiciones de seguridad dentro del entorno minero, así como la localización del personal operativo durante el desarrollo de las actividades.
Integración tecnológica	Integró diferentes componentes tecnológicos, tales como sensores de detección, sistemas de geolocalización y una plataforma digital, conformando un sistema unificado de gestión y monitoreo.
Apoyo al SG-SST	Facilitó la gestión del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo mediante la centralización de la información y el fortalecimiento de la trazabilidad de los registros operativos.
Prevención de riesgos	Permitió la identificación oportuna de condiciones potencialmente peligrosas, contribuyendo a la toma de decisiones preventivas en el entorno laboral.
Innovación en seguridad minera	Promovió la incorporación de herramientas tecnológicas para la digitalización de los procesos de supervisión y control en operaciones de minería subterránea.

Fuente: Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

6.3 Estudio Técnico

Descripción técnica del proyecto: El proyecto MATIAS propuso el diseño de una solución tecnológica orientada al monitoreo en tiempo real de las condiciones de seguridad y la localización de personal en operaciones de minería subterránea, con el propósito de

fortalecer los procesos de supervisión, prevención de riesgos y gestión de la información en el marco del del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

La solución contemplo la integración de sensores de detección de gases, Que permitirán recopilar, procesar y centralizar información relevante sobre las condiciones de seguridad dentro del socavón. Esta información fue utilizada para generar alertas tempranas ante posibles condiciones peligrosas, facilitando la toma de decisiones oportunas por parte del personal responsable de la supervisión y gestión de la seguridad.

6.4 Componentes técnicos del sistema

Para el desarrollo del proyecto MATIAS se contemplaron los siguientes componentes tecnológicos:

Tabla 6

Componentes técnicos del sistema

Componente	Descripción
Sensores de detección de gases	Corresponden a dispositivos tecnológicos diseñados para monitorear y detectar la presencia de gases potencialmente peligrosos en el ambiente de la minería subterránea, permitiendo la generación de alertas ante posibles concentraciones de riesgo.
Dispositivos de localización	Tecnologías de geolocalización que permitieron identificar y registrar la ubicación del personal dentro del socavón, facilitando el seguimiento de los trabajadores durante el desarrollo de las operaciones.
Plataforma digital de monitoreo	Sistema informático desarrollado para centralizar, procesar y visualizar la información generada por los diferentes dispositivos del sistema, permitiendo el monitoreo de las condiciones de seguridad en tiempo real.
Sistema de comunicación	Infraestructura tecnológica destinada a garantizar la transmisión de datos desde el interior de la mina hacia la plataforma digital de

	monitoreo, asegurando la disponibilidad de la información para su análisis y gestión.
Base de datos	Componente encargado del almacenamiento estructurado de la información recolectada por el sistema, permitiendo su posterior análisis, consulta y trazabilidad dentro de los procesos de gestión del SG-SST.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

Funcionamiento del sistema: El funcionamiento del proyecto MATIAS se basó en la recolección y transmisión continua de datos provenientes de los sensores instalados en el entorno de trabajo y en los dispositivos asignados al personal. Esta información fue enviada hacia una plataforma digital que permite visualizar las condiciones de seguridad dentro del socavón y la ubicación de los trabajadores en tiempo real.

La plataforma tecnológicamente permitió generar alertas automáticas ante la detección de condiciones potencialmente peligrosas, facilitando la toma de decisiones por parte de los responsables de la operación y contribuyendo a mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.

6.5 Recursos técnicos necesarios

Para el desarrollo e implementación del proyecto MATIAS se requirió la disponibilidad de diferentes recursos tecnológicos y operativos, entre los cuales se destacan:

Tabla 7

Recursos técnicos necesarios

Recurso	Descripción
Equipos de monitoreo	Estuvieron conformados por sensores de detección de gases y dispositivos de monitoreo ambiental, destinados a identificar variaciones en las condiciones del entorno minero y generar alertas ante posibles riesgos.

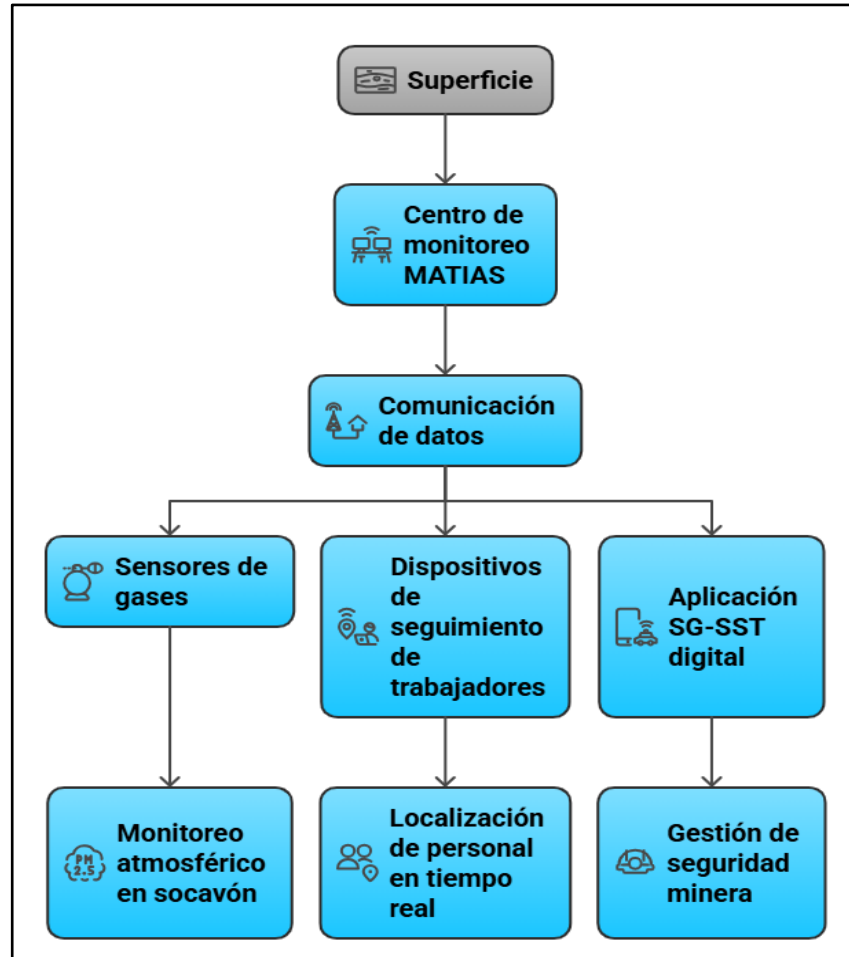
Dispositivos de localización	Correspondieron a equipos tecnológicos utilizados para el seguimiento y registro de la ubicación del personal dentro del socavón durante el desarrollo de las actividades operativas.
Infraestructura tecnológica	Incluyó servidores, sistemas de almacenamiento de información y redes de comunicación que soportaron el funcionamiento del sistema y garantizaron la transmisión y disponibilidad de los datos.
Software de gestión	Consistió en una plataforma digital diseñada para la centralización, visualización y análisis de la información generada por los diferentes dispositivos del sistema.
Personal técnico	Estuvo conformado por profesionales responsables de las actividades de instalación, configuración, operación y mantenimiento de los componentes tecnológicos del sistema.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

6.7 Viabilidad técnica del proyecto:

El proyecto MATIAS presento la viabilidad técnica debido a que las tecnologías necesarias para su desarrollo ya se encuentran disponibles en el mercado, tales como sensores industriales, dispositivo de localización y plataforma de monitoreo digital. La integración de estos componentes dentro de un sistema orientado a la gestión de la seguridad en minería subterránea permitió desarrollar una solución tecnológica funcional y adaptable a las necesidades del sector minero.

De esta manera, el proyecto MATIAS busco contribuir al fortalecimiento de los procesos de supervisión, prevención de riesgos y gestión de la seguridad laboral, promoviendo la incorporación de herramientas tecnológicas que faciliten el monitoreo continuo de las condiciones de trabajo en entornos operativos de alto riesgo.

Figura 1*Sistema de monitoreo MATIAS*

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

6.8 Balance de requerimientos

El balance de requerimientos del proyecto MATIAS permitió identificar los recursos técnicos, tecnológicos y operativos necesarios para el diseño de la solución tecnológica orientada al monitoreo de condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea. Este análisis facilita la planificación de los elementos requeridos para el diseño del proyecto Y permite establecer los medios necesarios para garantizar su funcionamiento adecuado. A partir de ese análisis técnico-realizados identificaron los principales requerimientos asociados

al diseño del proyecto los cuales se relacionan con equipos tecnológicos, infraestructura digital, Recursos Humanos especializados y herramientas de gestión de información.

Tabla 8

Balance de requerimientos

Recurso	Descripción	Cantidad estimada	Unidad	Estado	Observaciones
Sensores de detección de gases	Equipos para monitoreo de gases peligrosos en minería subterránea	4 – 6	unidades	Por adquirir	Instalación en puntos estratégicos del socavón
Dispositivos de localización	Equipos para seguimiento del personal en tiempo real	10 – 15	unidades	Por adquirir	Asignados al personal operativo
Plataforma digital de monitoreo	Sistema informático para centralizar información del sistema	1	sistema	Por desarrollar	Permitirá visualizar datos en tiempo real
Infraestructura tecnológica	Equipos de almacenamiento y procesamiento de datos	1	servidor	Por gestionar	Integración con la plataforma digital
Software de análisis y gestión	Herramientas para procesamiento y visualización de datos	1	licencia	Por adquirir	Soporte para monitoreo y alertas
Personal técnico especializado	Profesionales en seguridad	2 – 3	personas	Disponible	Apoyo en diseño e implementación

	industrial y tecnología				
Capacitación del personal	Formación sobre el uso del sistema MATIAS	1	proceso	Por desarrollar	Dirigido a supervisores y trabajadores

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

El balance de requerimientos permitió identificar de manera organizada los recursos técnicos, tecnológicos y operativos necesarios para el desarrollo del proyecto MATIAS, facilitando la planificación y gestión de los componentes requeridos para su diseño. A partir de este análisis, se estableció una base técnica que respalda la viabilidad del proyecto y orienta la adecuada gestión de los recursos necesarios para el diseño y desarrollo de la solución tecnológica propuesta contribuyendo así al fortalecimiento de los procesos de monitoreo y control de condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea.

7. Descripción del proceso

El proceso de funcionamiento del proyecto MATIAS se basó en la recopilación, transmisión y análisis de información relacionada con las condiciones de seguridad presentes en las operaciones de minería subterránea. A través de la integración de sensores de monitoreo, dispositivo de localización y una plataforma digital de gestión, el sistema permitió supervisar en tiempo real variables críticas del entorno laboral y la ubicación del personal dentro del socavón.

En una primera etapa los sensores de detección de gases instalados en puntos estratégicos del entorno minero se encargaron de medir de forma continua la presencia de gases potencialmente peligrosos y otras condiciones ambientales relevantes para la seguridad del personal. De manera paralela, los dispositivos de localización asignados a los trabajadores permitieron registrar la ubicación del personal dentro de las diferentes zonas de operación. Posteriormente, la información recolectada por los dispositivos es transmitida a través de un sistema de comunicación hacia una plataforma digital, donde los datos son procesados, almacenados y organizados para su visualización en tiempo real. Esta plataforma permitió a los responsables de la supervisión y gestión de la seguridad monitorear continuamente las condiciones del entorno laboral y el movimiento del personal dentro del socavón.

Finalmente, el sistema generó alertas automáticas ante la detección de condiciones que puedan representar un riesgo para la seguridad, facilitando la toma de decisiones establecidas dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

De esta manera, el proyecto MATIAS permitió optimizar los procesos de monitoreo, mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia y fortalecer la gestión de la seguridad en entornos de minería subterránea.

Figura 2*Proceso de monitoreo*

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

7.1 Capacidad

La capacidad del proyecto MATIAS se orientó a la implementación de un sistema tecnológico que permita realizar el monitoreo continuo de las condiciones de seguridad y el seguimiento del personal en operaciones de minería subterránea. La solución propuesta contemplo la integración de sensores de detección de gases, dispositivo de localización del

personal y una plataforma digital de gestión de información que permita visualizar y analizar los datos en tiempo real.

De manera estimada, el sistema pudo operar mediante la instalación de sensores de monitoreo en puntos estratégicos del socavón, con el fin de detectar la presencia de gases peligrosos y otras condiciones ambientales que puedan presentar un riesgo para los trabajadores. Asimismo, el sistema permitió realizar el seguimiento de un número determinado de trabajadores mediante dispositivo de localización lo cual facilitará el control de la ubicación del personal dentro de la zona de operación.

La plataforma digital asociada al sistema tendrá la capacidad de procesar y almacenar la información general por los dispositivos instalados, permitiendo su visualización en tiempo real por parte de los responsables de la supervisión de la seguridad. Eso facilito la identificación oportuna de condiciones de riesgo y la activación de protocolos de respuesta ante posibles situaciones de emergencia. En este sentido, la capacidad del proyecto MATIAS se orientó a ofrecer una solución tecnológica escalable y adaptable a las necesidades de cada operación minera permitiendo ampliar la cantidad de sensores, dispositivos y puntos de monitoreo de acuerdo con las características y dimensiones de la actividad minera donde se implemente el proyecto.

7.2 Capacidad Operativa del Sistema MATIAS

Tabla 9

Capacidad Operativa del Sistema MATIAS

Componente del sistema	Capacidad estimada	Alcance operativo	Justificación técnica
Sensores de detección de gases	Entre 4 y 6 sensores instalados en	Permitieron el monitoreo continuo de atmósferas	Facilitaron la identificación de concentraciones de gases como metano o monóxido

	puntos críticos de la operación	potencialmente peligrosas dentro del socavón	de carbono, permitiendo la generación de alertas tempranas ante posibles condiciones de riesgo
Dispositivos de localización del personal	Entre 10 y 15 dispositivos asignados a trabajadores	Permitieron el seguimiento de la ubicación del personal en tiempo real dentro de las zonas de operación	Contribuyeron a fortalecer la supervisión del personal y a facilitar su localización oportuna en caso de situaciones de emergencia
Plataforma digital de monitoreo	Un sistema centralizado de gestión	Permitió la visualización, análisis y almacenamiento de la información generada durante la operación	Posibilitó la centralización de los datos provenientes de sensores y dispositivos de campo, facilitando su gestión y análisis
Sistema de comunicación de datos	Red de transmisión establecida entre sensores y la plataforma digital	Permitió la transferencia de información desde el interior de la mina hacia el sistema de monitoreo	Garantizó la disponibilidad y flujo continuo de información necesaria para la toma de decisiones en materia de seguridad
Sistema de alertas de seguridad	Generación automatizada de notificaciones y advertencias	Permitió la activación de alertas ante condiciones críticas detectadas por el sistema	Facilitó la emisión de avisos oportunos frente a eventos o condiciones que pudieran representar riesgos para la seguridad del personal
Base de datos operativa	Registro continuo de la información generada por el sistema	Permitió el almacenamiento histórico de datos relacionados con	Facilitó la trazabilidad de la información y el análisis posterior de las condiciones

monitoreo y eventos de seguridad	de riesgo identificadas durante la operación
-------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

A partir de estas capacidades técnicas, el proyecto MATIAS se consolidó como una solución tecnológica adaptable a las condiciones propias de las operaciones de minería subterránea, permitiendo ampliar progresivamente la cobertura del sistema mediante la incorporación de nuevos sensores, dispositivo de monitoreo y puntos de control. De esta manera, se favoreció la escalabilidad de la solución y su implementación en diferentes contextos operativos del sector minero, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos de monitoreo de condiciones de seguridad y a la mejora de la gestión del riesgo en el marco del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

7.3 Localización

La localización del proyecto MATIAS se encontró asociada al contexto de las operaciones de minería subterránea desarrollada en la mina torteros CMC, ubicada en el municipio de Cúcuta, departamento de Norte de Santander, Colombia. Esta zona se caracteriza por la presencia de actividades mineras que requieren el cumplimiento de estrictas condiciones de seguridad y control de riesgos laborales, debido a las particularidades propias de las labores realizadas dentro del socavón.

La selección de este contexto como referencia para el desarrollo del proyecto se fundamenta en la identificación de necesidades relacionadas con el monitoreo de condiciones de seguridad, control de atmósferas potencialmente peligrosas y supervisión del personal en socavón, Aspectos que representan desafíos importantes para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo en este tipo de operaciones.

En este sentido, la localización del proyecto en el contexto del municipio de Cúcuta permitió evidenciar la aplicabilidad de la solución en regiones donde la actividad minera representa una fuente importante de desarrollo económico, pero donde también se requiere avanzar en la incorporación de herramientas tecnológicas que contribuyan a mejorar las condiciones de seguridad laboral y la gestión del riesgo en las operaciones mineras.

Tabla 10

Localización

Aspecto	Descripción
País	Colombia
Departamento	Norte de Santander
Municipio	Cúcuta
Región	Región Nororiental del país
Zona de implementación	Área de influencia de la mina Torteros CMC
Tipo de operación	Minería subterránea
Tipo de entorno	Socavón con condiciones de ventilación limitada, atmósferas potencialmente peligrosas y zonas de difícil acceso
Actividad económica predominante	Explotación minera y actividades asociadas al sector extractivo
Condiciones operativas relevantes	Presencia de riesgos asociados a atmósferas contaminadas, derrumbes, limitaciones de comunicación y supervisión dentro del socavón
Necesidad identificada	Fortalecer el monitoreo de condiciones de seguridad y la localización del personal mediante herramientas tecnológicas

Aplicación del proyecto	Diseño e implementación de un sistema tecnológico de monitoreo en tiempo real para la detección de gases, seguimiento del personal y gestión de información de seguridad
Beneficio esperado en la zona	Mejora en la gestión del riesgo, fortalecimiento del SG-SST y optimización de la respuesta ante emergencias en operaciones mineras

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracín, M.A. (2026)

7.4 Macro

La macro localización del proyecto MATIAS se encontró en Colombia, específicamente en el departamento de Norte de Santander, ubicado en la región nororiental del país y caracterizado por el desarrollo de actividades económicas asociadas al sector minero – energético. Esta región cuenta con una importante tradición en la explotación de recursos minerales mediante operaciones de minería subterránea, lo cual genera la necesidad permanente de fortalecer los mecanismos de control, supervisión y gestión de la seguridad laboral en este tipo de entornos.

En particular, el municipio de Cúcuta y sus zonas rurales presentan condiciones geológicas favorables para la explotación minera, donde se desarrollan diversas operaciones relacionadas con la extracción de minerales mediante labores subterráneas. Estas actividades implican riesgos asociados a atmósferas potencialmente peligrosas, derrumbes, limitaciones de comunicación y dificultades para el monitoreo continuo del personal dentro del socavón.

En ese contexto regional, el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas al monitoreo en tiempo real de condiciones de seguridad y localización del personal representa una oportunidad para fortalecer los procesos de prevención de riesgos y mejorar la capacidad de respuesta ante emergencias dentro de las operaciones mineras. Por esta razón, el proyecto MATIAS se planteó como una alternativa tecnológica que busca contribuir al fortalecimiento

de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo dentro del sector minero mediante la integración de herramientas de monitoreo digital aplicable a las condiciones operativas presentes en la región.

7.5 Evaluación de la alternativa

Con el propósito abordar las limitaciones identificadas en los procesos de monitoreo de condiciones de seguridad y supervisión del personal en operaciones de minería subterránea, se analizaron diferentes alternativas orientadas a fortalecer los mecanismos de control y gestión de la información dentro del socavón.

Entre las opciones consideradas se encontró el fortalecimiento de los métodos tradicionales de supervisión mediante el incremento de inspecciones mensuales, la ampliación del uso de detectores portátiles para la medición de gases y el diseño es un sistema tecnológico de monitoreo que permite integrar herramientas de seguimiento y control de las condiciones de seguridad en campo. Estas alternativas fueron evaluadas teniendo en cuenta criterios relacionados con su viabilidad técnica, alcance operativo, capacidad de seguimiento del personal y aporte al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

El análisis permitió evidenciar que, aunque los métodos tradicionales continúan siendo utilizados en muchas operaciones mineras, estos presentan limitaciones relacionadas con la disponibilidad de información en tiempo real, la trazabilidad de los registros y la capacidad de supervisión continua en las condiciones presentes dentro de los socavones. En este sentido, el proyecto MATIAS concebido como una propuesta de diseño orientada al desarrollo de un sistema de monitoreo de condiciones de seguridad representa una alternativa viable para mejorar los procesos de control y seguimiento del personal en minería subterránea. El diseño del proyecto contemplo la integración conceptual de herramientas de monitoreo ambiental, mecanismos de localización del personal y una plataforma de gestión

de información, con el propósito de fortalecer los procesos de prevención y control de riesgos dentro de las operaciones mineras.

7.6 Plano o diseño de las instalaciones

El diseño de las instalaciones del proyecto MATIAS se planteó a nivel conceptual con el propósito de establecer la distribución estratégica de los componentes necesarios para el monitoreo de condiciones de seguridad entre operaciones de minería subterránea. Este diseño contemplo la ubicación de puntos de monitoreo ambiental, dispositivos de seguimiento de personal y un centro de control destinado a la gestión y visualización de la información generada durante la operación minera.

La propuesta diseño considera las características propias de las labores subterráneas donde las condiciones de ventilación, la configuración del socavón y la presencia diferente en mantos minerales requieren una adecuada planificación en la ubicación de equipos de monitoreo. En este sentido, el sistema se proyectó con puntos estratégicos de instalación de sensores de detección de gases y dispositivos de control en zonas críticas de la mina, tales como accesos principales, frente de trabajo y área de tránsito peatonal. Adicionalmente el diseño contemplo la existencia de un punto central de supervisión o estación de monitoreo, desde el cual se gestionaría la información recolectada por los dispositivos instalados dentro del socavón. Este punto permitió visualizar los datos relacionados con las condiciones ambientales y la ubicación del personal en labores, facilitando el seguimiento de las condiciones de seguridad y el apoyo a la toma de decisiones en caso de presentarse situaciones de emergencia.

De esta manera, el diseño de las instalaciones del proyecto MATIAS busco establecer una estructura funcional que permite organizar los diferentes componentes del sistema de monitoreo, considerando las condiciones operativas de la minería subterránea y orientando la

futura implementación de herramientas tecnológicas destinadas a fortalecer los procesos de supervisión y gestión de la seguridad laboral.

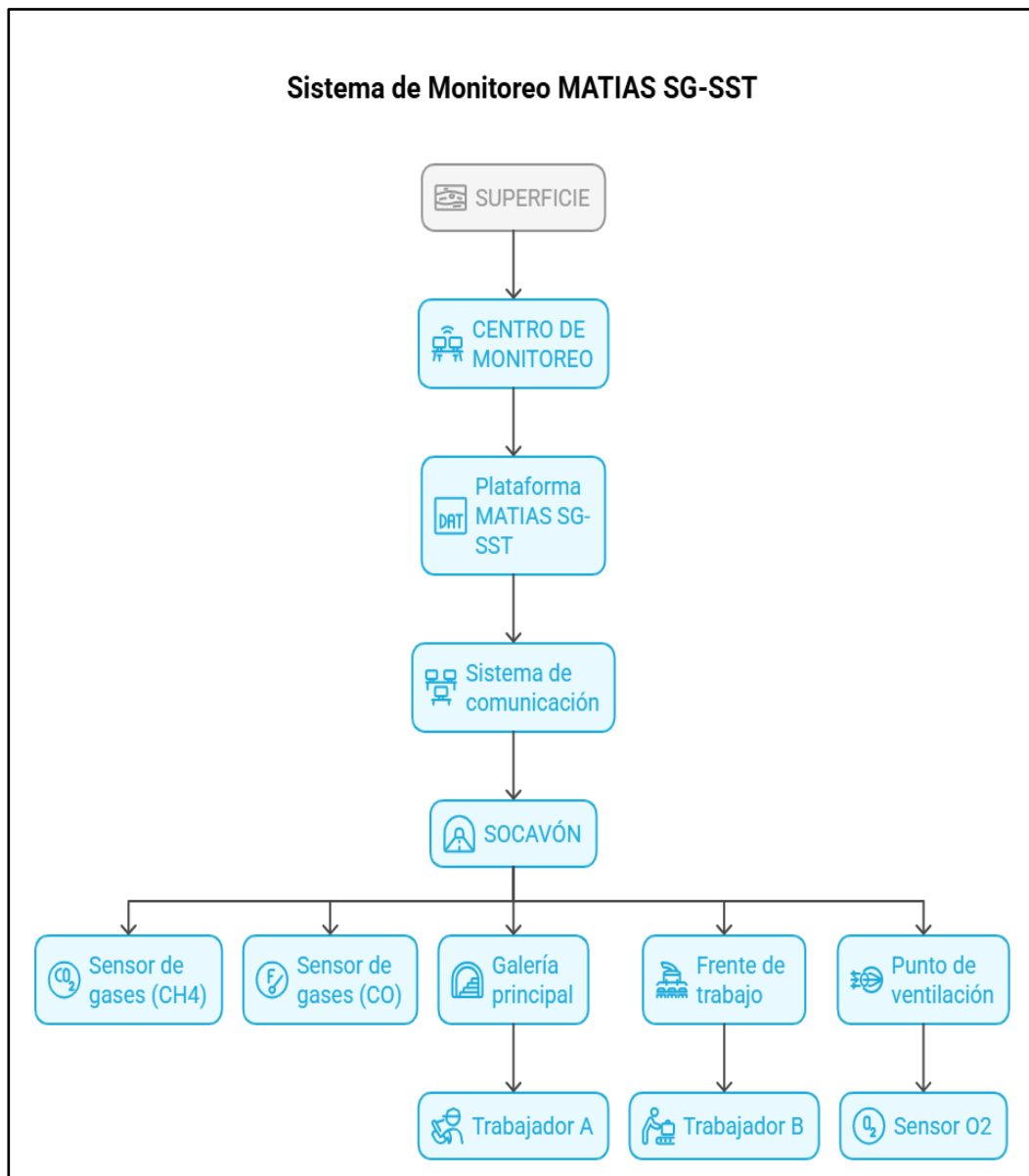
7.7 Tabla de Distribución Conceptual de Instalaciones

Tabla 11

Distribución Conceptual de Instalaciones

Área del sistema	Descripción
Acceso principal de la mina	Se estableció como punto de control destinado al registro y verificación del ingreso y salida del personal que accedía a la operación subterránea.
Galerías principales	Fueron definidas como áreas estratégicas para la instalación de sensores de monitoreo ambiental, permitiendo la supervisión de las condiciones atmosféricas dentro del socavón.
Frentes de trabajo	Se consideraron como puntos prioritarios para el monitoreo de las condiciones de seguridad durante el desarrollo de las actividades operativas.
Zonas de tránsito del personal	Se destinaron para la ubicación de dispositivos de seguimiento que permitieron registrar y supervisar el desplazamiento del personal dentro de la mina.
Punto central de monitoreo	Se definió como el área encargada de la visualización, gestión y análisis de la información generada por los diferentes componentes del sistema.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

Figura 3*Sistema de monitoreo MATIAS SG-SST*

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

8. Estudio Organizacional

El estudio organizacional del proyecto MATIAS tuvo como propósito establecer la estructura administrativa y funcional requerida para el desarrollo y posible implementación del proyecto, orientado al diseño de un sistema de monitoreo de condiciones de seguridad y seguimiento del personal en operaciones de minería subterránea.

Dado que MATIAS correspondió a un proyecto en fase de diseño, la estructura organizacional se plantea de manera conceptual, con el fin de identificar los roles y funciones necesarias para el desarrollo, gestión y eventual operación del sistema propuesto. Esta estructura contempla la participación de profesionales con conocimientos en seguridad y salud en el trabajo, tecnología aplicada al monitoreo de riesgos y gestión de proyectos.

La organización proyecta se orienta a garantizar la adecuada planificación del sistema de monitoreo, el análisis de las condiciones operativas del entorno minero y la integración de herramientas tecnológicas que contribuyan al fortalecimiento de los procesos de supervisión de seguridad dentro del socavón. Asimismo, se busca asegurar que las actividades del proyecto se desarrollen de manera coordinada, permitiendo la correcta gestión de la información y el seguimiento de las condiciones de seguridad en campo.

De esta manera, el estudio organizacional permite definir una base estructural que respalde el desarrollo del proyecto MATIAS facilitando la identificación de responsabilidades, la coordinación de actividades y la adecuada gestión de recursos necesarios para el diseño del sistema de monitoreo propuesto.

8.1 Estructura organizacional propuesta

Para el desarrollo del proyecto MATIAS se plantea una estructura organizacional básica conformada por diferentes áreas responsables de la gestión técnica, operativa y administrativa del proyecto.

Tabla 12*Estructura organizacional propuesta*

Cargo / Rol	Función principal
Director del proyecto	Coordinar la planificación, desarrollo y seguimiento general del proyecto MATIAS.
Analista de Seguridad y Salud en el Trabajo	Identificar los riesgos presentes en las operaciones mineras y definir los requerimientos de monitoreo de seguridad.
Ingeniero o especialista en tecnología	Diseñar la estructura técnica del sistema de monitoreo, sensores y plataforma de gestión de información.
Analista de datos	Gestionar la información recolectada por los sistemas de monitoreo y apoyar el análisis de condiciones de seguridad.
Soporte técnico	Apoyar el mantenimiento y funcionamiento de los equipos de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

En consecuencia, el estudio organizacional permitió proyectar la forma en que se estructuraría la gestión del proyecto MATIAS durante su fase de desarrollo, estableciendo lineamientos para la coordinación de actividades, la asignación de responsabilidades y el manejo adecuado a los recursos requeridos. De esta manera, se genera un marco organizativo que respalda la planificación del proyecto y orienta las condiciones necesarias para su posible implementación en el ámbito de la minería subterránea.

8.2 Tipo y naturaleza de la empresa

El proyecto MATIAS se concibe como una propuesta empresarial orientada al desarrollo y diseño de herramientas tecnológicas aplicadas al monitoreo de condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea. En este sentido, la empresa proyecto hacia enmarcaría dentro del sector tecnológico y de servicios especializados en seguridad industrial, con enfoque en el diseño de sistemas de monitoreo y gestión de información para entornos de riesgo.

Desde el punto de vista de su naturaleza, MATIAS se planteó como una empresa de carácter privado, orientada a ofrecer soluciones y servicios dirigidos principalmente al sector empresarial del ámbito minero. Su actividad estaría enfocada en el diseño, desarrollo y acompañamiento técnico en la implementación de sistemas destinados al fortalecimiento de los procesos de monitoreo de seguridad y seguimiento del personal dentro de socavones.

En cuanto a su tipología organizacional, la empresa pudo estructurarse bajo la modalidad de sociedad por acciones simplificadas (S.A.S.), figura jurídica ampliamente utilizada en Colombia por su flexibilidad administrativa, facilidad de Constitución y capacidad de adaptación a emprendimientos tecnológicos y proyectos de innovación. Este tipo de estructura permitió una gestión más eficiente de los recursos, así como la posibilidad de establecer alianzas estratégicas con empresas del sector minero y proveedores de tecnología. De esta manera, la naturaleza empresarial proyectada para MATIAS y orienta hacia el desarrollo de iniciativas que integren tecnología e innovación y gestión de la seguridad laboral contribuyendo a la modernización de los procesos de supervisión y control en operaciones de minería subterránea.

8.3 Constitución de la empresa y aspectos legales

En el marco del desarrollo del proyecto MATIAS, y considerando que se trató de una iniciativa orientada al diseño de herramientas tecnológicas para el monitoreo de condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea, se proyecta que, en caso de materializarse su implementación, la empresa sea constituida legalmente en Colombia bajo la figura de sociedad por acciones simplificada (S.A.S.), de conformidad con lo establecido en la ley 1258 del 2008. Esa modalidad societaria se caracterizó por su flexibilidad administrativa, facilidad de constitución y capacidad de adaptación a proyectos de innovación tecnológica y emprendimientos empresariales.

La constitución de la empresa implicaría el cumplimiento de los procedimientos legales establecidos por la normatividad colombiana, iniciando con la elaboración del documento de Constitución en el cual se definen aspectos fundamentales como la razón social, el objeto social, el capital inicial, la estructura administrativa y las responsabilidades de los socios o accionistas. Posteriormente, ese documento deberá ser registrado ante la cámara de comercio, entidad encargada de otorgar la matrícula mercantil que formaliza la existencia jurídica de la organización y permite desarrollar actividades comerciales dentro del territorio nacional.

De igual manera, la empresa deberá realizar el proceso de inscripción ante la dirección de impuestos y aduanas nacionales (DIAN) para la obtención del reglamento único tributario (RUT), requisito indispensable para el cumplimiento de las obligaciones fiscales y tributarias correspondientes.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que el proyecto MATIAS se orientó al diseño de herramientas tecnológicas aplicadas al monitoreo de seguridad en entornos de minería subterránea, se deberá considerar el cumplimiento de la normativa vigente relacionada con la seguridad y salud en el trabajo, así como las disposiciones regulatorias propias del sector minero. En este sentido, se destacan normas como el decreto 1072 del 2015, que establece las disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), y el Decreto 1886 de 2015, que regula las condiciones de seguridad en las labores de minería subterránea en Colombia.

En consecuencia, el cumplimiento de sus aspectos legales permitiría establecer un marco normativo adecuado para el desarrollo de las actividades asociadas al proyecto MATIAS, garantizando que su futura implementación se realice conforme a las disposiciones legales vigentes y a los estándares de seguridad exigidos en el sector minero.

8.4 Estructura Organizacional

La estructura organizacional del proyecto MATIAS se planteó de manera conceptual, considerando que el plan de negocio se encuentra en fase de diseño y tiene como propósito establecer los lineamientos organizativos necesarios para el desarrollo y futura implementación del proyecto. Esta estructura busco definir los niveles de responsabilidad, coordinación y apoyo técnico requeridos para el diseño y gestión de herramientas orientadas al monitoreo de condiciones de seguridad en operaciones minería subterráneas.

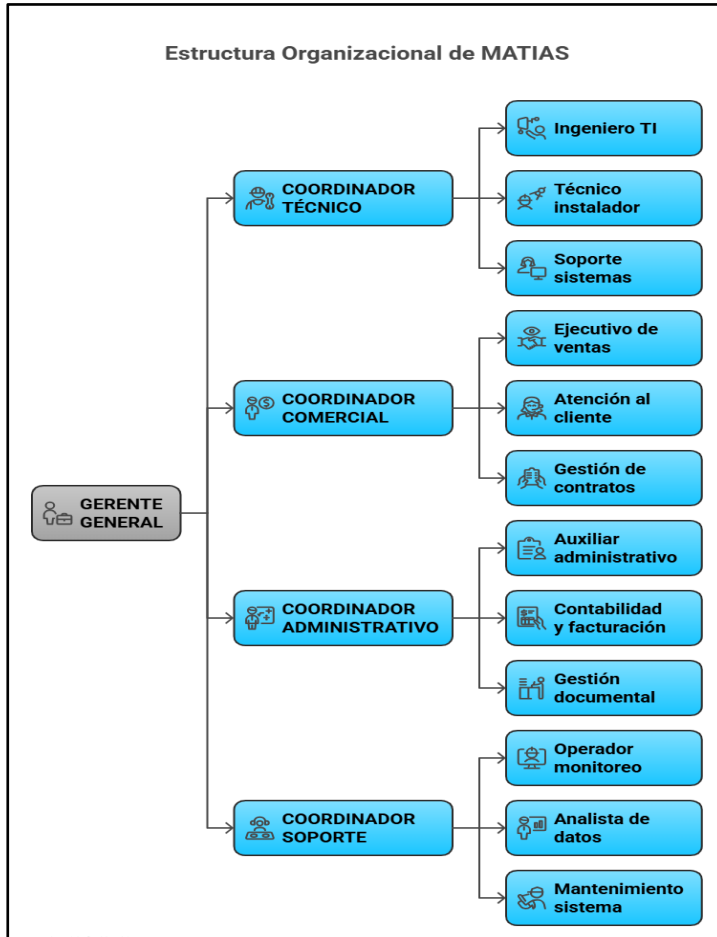
La organización propuesta contemplo una estructura funcional básica que permite integrar las áreas estratégicas relacionadas con la dirección del proyecto, el desarrollo tecnológico, y del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en actividades administrativas y de soporte. De esta manera, se buscó garantizar una adecuada articulación entre los procesos técnicos y operativos que forman parte del proyecto MATIAS.

Dentro de esta estructura, la dirección del proyecto se encargó de la planificación estratégica, la coordinación de las actividades y el seguimiento de los objetivos planteados. Por su parte, el área técnica estuvo orientada al diseño del sistema de monitoreo y a la integración de los componentes tecnológicos necesarios para el seguimiento de las condiciones de seguridad dentro del socavón. Así mismo se contempló la participación de un área especializada en seguridad y salud en el trabajo, encargada de analizar los riesgos asociados a las operaciones mineras y de orientar el diseño del sistema de monitoreo de acuerdo con las necesidades del entorno laboral.

Adicionalmente, la estructura organizacional incluyo funciones de apoyo administrativo y técnico que permitieron gestionar los recursos del proyecto y garantizar el adecuado desarrollo de las actividades relacionadas con su planificación y diseño.

Figura 4

Estructura Organizacional de MATIAS



Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

En este contexto, la estructura organizacional planteada constituyo un elemento clave para orientar la planeación del proyecto MATIAS durante su fase de diseño, al establecer un esquema de interacción entre los diferentes componentes técnicos administrativos considerados en el plan de negocios. De esta manera, se definieron lineamientos organizativos que respaldan la coordinación de las actividades previstas y que, a su vez, proyectan una base estructural para una eventual implementación del proyecto en el sector de la minería subterránea.

8.5 Estrategias corporativas

Las estrategias corporativas del proyecto MATIAS se plantearon como un conjunto de lineamientos orientados a guiar el desarrollo y posicionamiento de la iniciativa dentro del sector empresarial relacionado con la minería subterránea. Estas estrategias buscaron orientar la forma en que el proyecto podría consolidarse como una propuesta innovadora en el ámbito del monitoreo de condiciones de seguridad y seguimiento del personal de entornos operativos de alto riesgo.

Dado que Matias se encontró en fase de diseño, las estrategias corporativas se proyectan con el periodo establecer una visión estratégica que permita orientar el desarrollo futuro del proyecto, identificando oportunidades de crecimiento, fortalecimiento tecnológico en generación de valor para las organizaciones del sector minero. En este sentido, se plantearon diferentes líneas estratégicas enfocadas en la innovación tecnológica, la generación de alianzas estratégicas con empresas del sector minero y la incorporación de herramientas que contribuyan al fortalecimiento de los procesos de monitoreo y gestión de la seguridad en operaciones de minería subterráneas.

Tabla 13

Estrategias corporativas

Estrategia	Descripción
Innovación tecnológica	El proyecto se orientó hacia la integración de herramientas tecnológicas aplicadas al monitoreo de las condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea.
Especialización en seguridad minera	Se planteó el desarrollo de una propuesta enfocada en el diseño de sistemas tecnológicos destinados a fortalecer la gestión de la seguridad y salud en el trabajo dentro del sector minero.
Alianzas estratégicas	Se proyectó el establecimiento de relaciones de cooperación con empresas del sector minero, proveedores de tecnología y organizaciones vinculadas con la seguridad industrial.

Desarrollo del conocimiento	Se promovió el fortalecimiento de capacidades técnicas relacionadas con el análisis de riesgos, el monitoreo de condiciones ambientales y la gestión de información en tiempo real.
Posicionamiento en el sector	El proyecto se orientó hacia el reconocimiento como una propuesta innovadora en el ámbito del monitoreo tecnológico aplicado a la seguridad minera.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

8.6 Políticas

Con base que MATIAS se encontraba en fase de diseño, a futuro se plantea tener y formalizar una empresa para la implementación y seguimiento de instalación del proyecto MATIAS, ya que en el actual momento se encuentra enfocado en mina torteros CMC, la empresa que se vaya a constituir se basara en las siguientes políticas y valores corporativos:

Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST): El proyecto MATIAS se compromete a diseñar una solución tecnológica orientada al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), Promoviendo la prevención de riesgos laborales en operaciones de minería subterránea. En este sentido, se prioriza el monitoreo continuo de las condiciones de seguridad la identificación oportuna de peligros y la generación de información confiable que permita la toma de decisiones en tiempo real contribuyendo a la protección de la vida y la integridad de los trabajadores.

Política de calidad de servicio: El proyecto MATIAS se orienta a garantizar altos estándares de calidad en el diseño del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), Asegurando que los procesos, herramientas y componentes cumplan con criterios de confiabilidad, eficiencia y funcionalidad.

Se establece el compromiso de mejora continua del sistema, mediante la evaluación constante de su desempeño, la retroalimentación del cliente y la actualización tecnológica,

con el propósito de ofrecer una solución innovadora que corresponda a las necesidades del sector minero.

Política de innovación y desarrollo tecnológico: MATIAS promueve la innovación como eje central de su propuesta de valor, orientando el diseño hacia la incorporación de tecnologías emergentes que permitan optimizar el monitoreo de condiciones de riesgo y del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

El proyecto se desarrollará mediante un enfoque de mejora progresiva, permitiendo la evolución del sistema mediante fase del diseño, validación y escalabilidad, adaptándose a las necesidades específicas de cada operación minera subterránea.

Política de protección de datos e información: El proyecto MATIAS garantiza la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información generada a través del sistema, especialmente aquella relacionada con la ubicación del personal, condiciones de seguridad y registros del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Se establecerá mecanismos de almacenamiento seguro, control de accesos y respaldo de la información, Asegurando el uso responsable de los datos conforme a la normativa vigente en Protección de Datos.

8.7 Valores Corporativos

El proyecto MATIAS se fundamenta en un conjunto de valores que orientan su formulación, asegurando que su diseño responda a los principios éticos, técnicos y sociales acordes con el contexto de la seguridad y salud en el trabajo en minería subterránea. Estos valores no solo guían la estructuración del proyecto, sino que también establecen las bases para su posible desarrollo futuro.

Responsabilidad: el proyecto se desarrolla bajo un enfoque de Responsabilidad frente a la protección de la vida y la integridad de los trabajadores en entornos de alto riesgo.

Este valor se refleja en la rigurosidad del análisis realizado y en la orientación del diseño hacia la prevención de incidentes y accidentes laborales.

Compromiso con la seguridad: MATIAS se orienta al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), Promoviendo el compromiso con la generación de entornos laborales más seguros, mediante el análisis de herramientas que permitan mejorar el control de la gestión del riesgo en minería subterránea.

Innovación: el proyecto incorpora un enfoque innovador en su diseño proponiendo el uso de herramientas tecnológicas como alternativa para optimizar los procesos tradicionales de monitoreo y gestión del riesgo. Este valor se manifiesta en la búsqueda de soluciones diferentes a los métodos convencionales.

Rigurosidad técnica: el desarrollo del proyecto se fundamenta en el análisis técnico y metodológico de cada 1 de sus componentes, garantizando que la información presentada sea coherente, sustentada y alineada con las condiciones reales del entorno evaluado.

Ética profesional: el proyecto se formula bajo principios éticos, asegurando el uso responsable de la información, la objetividad en el análisis y la transparencia en la presentación de resultados, evitando sesgos o supuestos no justificados.

Adaptabilidad: el diseño del proyecto reconoce la necesidad de ajustarse a las condiciones específicas del contexto minero, permitiendo que la propuesta planteada sea flexible y pueda adaptarse a diferentes escenarios dentro de la minería subterránea.

Enfoque en la mejora continua: el proyecto se estructura bajo un enfoque de mejora continua, permitiendo la revisión y ajuste de sus componentes durante el proceso de formulación con el fin de fortalecer su calidad y pertinencia laboral y académica.

8.9 Estrategias de crecimiento y expansión

El proyecto MATIAS, al encontrarse en fase de diseño, fórmula sus estrategias de crecimiento y expansión desde un enfoque prospectivo, orientado a analizar su posible

desarrollo futuro dentro del sector de la minería subterránea. En este sentido dichas estrategias se estructuran con el propósito de definir una ruta de evolución progresiva que una vez validada su viabilidad técnica, económica y organizacional, permita ampliar su alcance y fortalecer su posicionamiento como una propuesta pertinente en diferentes contextos operativos del sector minero.

Tabla 14

Estrategias de crecimiento y expansión

Estrategia	Descripción	Enfoque dentro del proyecto
Validación inicial (crecimiento controlado)	El proyecto MATIAS orientó su desarrollo inicial hacia un proceso de validación en la mina Torteros CMC, con el propósito de analizar su viabilidad técnica y su nivel de aceptación dentro de la organización.	Permitió evaluar el diseño del sistema en un entorno operativo real y realizar los ajustes necesarios antes de considerar una posible expansión.
Escalabilidad modular	El diseño del proyecto se estructuró en componentes independientes, lo que permitió proyectar su implementación progresiva de acuerdo con las necesidades y capacidades del entorno operativo.	Facilitó el crecimiento gradual del sistema sin requerir una implementación total desde las fases iniciales del proyecto.
Expansión a mercados similares	Se proyectó la posible aplicación del diseño en otras operaciones de pequeña y mediana minería que presentaran condiciones operativas similares.	Permitió ampliar el alcance del proyecto mediante su potencial replicabilidad en contextos comparables.
Alianzas estratégicas	Se contempló la posibilidad de establecer relaciones de cooperación con empresas del sector tecnológico, organizaciones vinculadas a la	Contribuyó a fortalecer el desarrollo del proyecto y a ampliar sus oportunidades de

	seguridad industrial y compañías del sector minero.	crecimiento y evolución futura.
Fortalecimiento técnico progresivo	El proyecto se concibió con la posibilidad de evolucionar mediante la incorporación de mejoras tecnológicas y ajustes metodológicos en su diseño.	Permitió incrementar progresivamente el nivel de desarrollo y el valor agregado del sistema con el paso del tiempo.
Posicionamiento académico y técnico	Se planteó la socialización del proyecto en espacios académicos, investigativos y técnicos relacionados con el sector minero y la seguridad industrial.	Generó reconocimiento del proyecto y abrió oportunidades para procesos posteriores de validación, investigación o desarrollo tecnológico.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

9. Estudio financiero

El estudio financiero del proyecto MATIAS tuvo como finalidad de evaluar su viabilidad económica en fase de diseño, mediante la proyección de las inversiones requeridas, la estimación de costos operativos, la definición de ingresos potenciales y análisis de indicadores financieros que permitan determinar su factibilidad. Dado que el proyecto se encuentra en etapa de formulación, corresponden los valores presentados a estimaciones basadas en el análisis técnico del diseño propuesto y en condiciones de mercado, lo cual permite estructurar un escenario financiero referencial que sirva como base para la toma de decisiones frente a su posible implementación.

9.1 Inversiones

Tabla 15

Estudio financiero

Concepto	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Sensores multigás (4 gases)	Equipos de monitoreo ambiental destinados a la detección de O ₂ , CO, CH ₄ y H ₂ S en puntos estratégicos del socavón	8	2.200.000	17.600.000
Dispositivos de localización	Equipos tecnológicos basados en tecnología RFID o UWB utilizados para el seguimiento y registro de la ubicación del personal	10	800.000	8.000.000
Repetidores de señal	Dispositivos instalados para garantizar la cobertura y transmisión de datos dentro del entorno subterráneo	10	450.000	4.500.000
Desarrollo de plataforma	Diseño y estructuración del sistema digital destinado a la gestión y visualización de la información generada por el sistema	1	6.000.000	6.000.000
Estación de monitoreo (alta disponibilidad)	Equipo de cómputo acompañado de sistema UPS y respaldo energético para la operación continua del sistema	1	4.500.000	4.500.000
Infraestructura tecnológica	Implementación de servidor, software base y sistema de	1	2.500.000	2.500.000

	almacenamiento para la gestión de la información			
Profesional SST	Participación de profesional responsable del diseño técnico y validación del sistema en relación con el SG-SST	1	4.000.000	4.000.000
Ingeniero de sistemas	Profesional encargado del desarrollo, configuración y soporte de la plataforma tecnológica	1	3.500.000	3.500.000
Técnico de instalación especializado	Personal técnico encargado del montaje de los equipos en el entorno minero, considerando las condiciones de riesgo propias de la operación	1	3.000.000	3.000.000
Capacitación	Proceso de formación dirigido al personal para el adecuado uso y gestión del sistema	1	1.200.000	1.200.000
Imprevistos (10%)	Margen presupuestal destinado a cubrir posibles ajustes o contingencias durante la implementación	—	—	5.980.000
TOTAL, INVERSIÓN INICIAL:			60.780.000 COP	

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

La inversión estimada para el proyecto MATIAS se configuro como un componente fundamental para la evaluación de su viabilidad, al integrar de manera coherente los requerimientos tecnológicos, operativos y estará en tus manos identificados en el diseño. Asimismo, contempla elementos claves como la continuidad operativa y la adaptación a condiciones propias de la minería subterránea, lo que fortalece la pertinencia de la proyección

financiera realizada. En este sentido, dicha inversión constituyó una base referencial que permite sustentar el análisis económico del proyecto y orientar la toma de decisiones frente a su posible desarrollo futuro.

9.2 Costos

Los costos asociados al proyecto MATIAS corresponden a los egresos requeridos para su operación en un escenario proyectado posterior a la fase de diseño, considerando su eventual implementación en un entorno real de la minería subterránea.

Dado que el proyecto se encuentra en etapa de formulación y diseño, los valores presentados corresponden a estimaciones técnicas basadas en los requerimientos operativos previamente definidos, los cuales contemplan aspectos relacionados con el mantenimiento de los equipos de monitoreo, soporte técnico de la plataforma digital, consumo energético, conectividad del sistema y supervisión profesional para el seguimiento de las condiciones de seguridad dentro de las labores subterráneas.

Estos costos permitieron establecer una referencia sobre los recursos necesarios para garantizar la operación continua del proyecto MATIAS asegurando la confiabilidad de los equipos tecnológicos y la disponibilidad de la información requerida para la gestión de la seguridad en entornos de minería subterránea.

Tabla 16

Costos

Concepto	Descripción	Periodicidad	Valor por Periodo (COP)	Valor Mensual Equivalente (COP)
Mantenimiento de sensores multigás	Se contempló la calibración, verificación y ajuste	Trimestral	2.400.000	800.000

	técnico de los sensores instalados en los puntos de monitoreo ambiental.			
Mantenimiento del sistema de localización	Se realizó la revisión técnica de los dispositivos de rastreo y la verificación del correcto funcionamiento del sistema de seguimiento del personal.	Bimensual	1.000.000	500.000
Soporte técnico de la plataforma	Incluyó la actualización del software, el monitoreo del funcionamiento del sistema y la atención de soporte técnico especializado.	Mensual	1.200.000	1.200.000
Energía eléctrica	Se estimó el consumo energético requerido para el funcionamiento de las estaciones de monitoreo, sensores y equipos de	Mensual	400.000	400.000

	comunicación del sistema.			
Conectividad y red de comunicación	Correspondió a los servicios de transmisión de datos y comunicación necesarios para el funcionamiento del sistema de monitoreo.	Mensual	300.000	300.000
Supervisión profesional SST	Se contempló el seguimiento técnico del sistema, el análisis de la información generada y el control operativo asociado a la gestión del SG-SST.	Mensual	2.000.000	2.000.000
Mantenimiento de infraestructura tecnológica	Incluyó la revisión periódica de servidores, sistemas de respaldo energético y demás equipos de soporte del sistema.	Trimestral	1.800.000	600.000
Reposición de equipos (provisión)	Se destinó un fondo para el reemplazo progresivo de equipos que	Mensual	500.000	500.000

pudieran presentar
desgaste, daño o
fallas técnicas
durante la
operación.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

Los costos operativos proyectados para el proyecto Matias permitieron estimar los recursos necesarios para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema en condiciones operativas reales. Estos costos contemplaron tanto el mantenimiento en los componentes tecnológicos como la disponibilidad de talento humano especializado y los servicios asociados al funcionamiento de la infraestructura tecnológica.

De esta manera la estimación de costos constituyo un insumo fundamental para el análisis financiero del proyecto, al permitir establecer el nivel de egreso requeridos para su operación y facilitar la posterior proyección de ingresos y evaluación de su viabilidad económica en escenarios de implementación dentro del sector minero.

9.3 Ingresos y proyectos de venta

Los ingresos del proyecto MATIAS se proyectaron a partir de la posible comercialización de la propuesta diseñada, orientada al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en minería subterránea.

Dado que el proyecto se encuentra en fase de diseño, los valores presentados corresponden a estimaciones basadas en un escenario potencial de adopción por parte de empresas del sector minero, considerando tanto la implementación inicial del sistema como los servicios asociados a su operación.

El proyecto MATIAS planteo una estructura de ingresos basada en dos componentes principales: pago por implementación del sistema único y pago por servicio mensual (soporte, monitoreo y mantenimiento).

9.4 Ingreso por diseño del proyecto MATIAS

Tabla 17

Ingreso por diseño del proyecto MATIAS

Concepto	Descripción	Valor (COP)
MATIAS	Diseño y configuración proyecto en la mina torteros CMC	75.000.000

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

9.5 Ingresos operativos de seguimiento al proyecto MATIAS

Tabla 18

Ingresos operativos de seguimiento al proyecto MATIAS

Concepto	Descripción	Valor Mensual (COP)
Servicio de monitoreo y soporte	Supervisión, mantenimiento y gestión del proyecto MATIAS	8.000.000

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

9.6 Proyección a 1 año

Tabla 19

Proyección a 1 año

Concepto	Cantidad	Valor Unitario (COP)	Total (COP)
Diseño del proyecto MATIAS	2	75.000.000	150.000.000

Seguimiento y control del proyecto MATIAS (12 meses x 2 clientes)	24	8.000.000	192.000.000
---	----	-----------	-------------

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

La proyección de ingresos del proyecto MATIAS se estructuró a partir de un modelo mixto que combina ingresos por diseño inicial y servicio de seguimiento y control del proyecto recurrentes por periodicidad mensual, lo cual puede generar una fuente de ingresos sostenida en el tiempo. Este enfoque no solo facilita la recuperación de la inversión inicial, sino que también fortalece la sostenibilidad financiera del proyecto al contemplar los ingresos periódicos asociados al mantenimiento y operación del sistema. Asimismo, la proyección de ventas se plantea bajo un escenario conservador, considerando un número limitado de implementaciones durante el primer año, lo que permite establecer una base realista para la evaluación de su viabilidad económica.

9.7 Valor de despacho

El valor de despacho dentro del proyecto MATIAS corresponde a la estimación de los costos asociados al transporte, traslado y entrega de los equipos y componentes tecnológicos requeridos para el sistema de monitoreo de condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea. Estos costos incluyeron aspectos relacionados con la logística y movilización de sensores, dispositivos de monitoreo, equipos de comunicación y demás elementos necesarios para la instalación del sistema en las instalaciones de las empresas del sector minero.

Dado que el proyecto se encontró en fase de diseño, el valor de despacho se plantea de manera referencial, considerando las condiciones logísticas que podrían presentarse

durante el traslado de los equipos hacia las zonas donde se desarrollan las operaciones mineras. En este sentido, factores como la distancia geográfica, las condiciones de acceso a las áreas de explotación y los requerimientos de transporte especializado pueden influir en la estimación de estos costos.

La inclusión de este componente dentro del plan de negocios nos permitió contemplar los aspectos logísticos asociados a la eventual implementación del proyecto MATIAS, facilitando una proyección más completa de los costos relacionados con la entrega e instalación del sistema de monitoreo en el entorno operativo.

Tabla 20

Valor de despacho

Concepto	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Transporte a la mina Torteros	Se contempló el traslado terrestre de ida y regreso hacia la mina ubicada en la vereda Garrapateros para la realización de actividades de levantamiento de información técnica del proyecto.	Viaje	1	100.000	100.000
Alimentación	Se estimó el costo correspondiente a la alimentación durante la jornada de visita técnica de campo.	Día	1	35.000	35.000
Transporte de equipos	Se consideró el traslado de sensores, herramientas técnicas y demás equipos necesarios junto con el	Servicio	1	50.000	50.000

	desplazamiento del personal encargado de la visita técnica.				
Material de apoyo técnico	Incluyó insumos menores utilizados para el registro de información, levantamiento de datos y verificación de condiciones operativas en campo.	Paquete	1	80.000	80.000
Total, estimado	Costo total proyectado para la visita técnica de levantamiento de información en la mina Torteros CMC.				265.000

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

La estimación de los costos logísticos se realiza considerando una visita técnica de campo orientada al levantamiento de información necesaria para el diseño del proyecto MATIAS. Dado que la mina ubicada en la vereda garrapateros del corregimiento San Pedro ubicado en Cúcuta, Norte de Santander dispone de alojamiento para el personal visitante, no se contemplan costos asociados al hospedaje. Así mismo, el transporte de los equipos técnicos se realiza juntamente con el desplazamiento del personal, lo que permite optimizar los recursos logísticos requeridos para el desarrollo de las actividades de análisis y caracterización del entorno minero.

9.11 Flujo de caja

El flujo de caja del proyecto MATIAS permitió analizar el comportamiento de los ingresos y egresos financieros asociados a la posible implementación del sistema de monitoreo propuesto para las operaciones de minería subterránea. Este instrumento financiero facilita la visualización de la disponibilidad de recursos económicos a lo largo del tiempo,

permitiendo identificar la relación entre los ingresos proyectados y los costos operativos requeridos para el funcionamiento del sistema.

En este sentido, el flujo de caja se construyó a partir de las estimaciones de costos operativos previamente definidas, así como de la proyección de ingresos derivados del diseño e implementación del proyecto y de los servicios de monitoreo, soporte técnico y mantenimiento asociados a su operación. Dado que MATIAS se encuentra actualmente en fase de diseño, el análisis financiero se planteó bajo un escenario proyectado de adopción por parte de empresas del sector minero, lo cual permite evaluar de manera preliminar la viabilidad económica del proyecto.

A continuación, se presenta el flujo de caja proyectado para el primer año de operación de diseño y seguimiento considerando los ingresos estimados por los costos asociados a su funcionamiento.

9.12 Flujo de Caja Proyectado – Proyecto MATIAS

Tabla 21

Flujo de Caja Proyectado – Proyecto MATIAS

Concepto	Valor Mensual	Valor Anual
INGRESOS		
Servicio de monitoreo y soporte (2 clientes)	\$16.000.000	\$192.000.000
Diseño del proyecto MATIAS (2 proyectos)	—	\$150.000.000
TOTAL, INGRESOS	\$16.000.000	\$342.000.000
EGRESOS OPERATIVOS		
Mantenimiento sensores multigás (2 proyectos)	\$1.600.000	\$19.200.000
Mantenimiento sistema de localización (2 proyectos)	\$1.000.000	\$12.000.000
Soporte técnico plataforma (2 proyectos)	\$2.400.000	\$28.800.000

Energía eléctrica (2 proyectos)	\$800.000	\$9.600.000
Conectividad / red (2 proyectos)	\$600.000	\$7.200.000
Supervisión profesional SST (2 proyectos)	\$4.000.000	\$48.000.000
Mantenimiento infraestructura tecnológica (2 proyectos)	\$1.200.000	\$14.400.000
Provisión reposición de equipos (2 proyectos)	\$1.000.000	\$12.000.000
TOTAL, EGRESOS	\$12.600.000	\$151.200.000
FLUJO DE CAJA NETO	\$3.400.000	\$190.800.000

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

El flujo de caja proyectado para el proyecto de MATIAS permite analizar la relación entre los ingresos estimados por el diseño del sistema de monitoreo y los costos asociados a su operación y seguimiento de mantenimiento. A partir de las estimaciones realizadas se proyecta ingresos anuales por \$342.000.000 mientras que los costos operativos asociados al funcionamiento del sistema en dos implementaciones alcanzan un valor aproximado de \$ 151.200.000.

En este contexto, el proyecto presenta un flujo de caja neto anual estimado de \$ 190.800.000, lo que evidencia un comportamiento financiero favorable bajo el escenario planteado. Estos resultados permiten identificar un potencial de sostenibilidad económica del proyecto en caso de ser implementado dentro de las operaciones de minería subterránea, considerando un número inicial conservador de clientes.

9.13 Indicadores financieros

Los indicadores financieros permitieron evaluar la viabilidad económica del proyecto MATIAS a partir del análisis de los flujos de ingresos y egresos proyectados para su posible implementación en operaciones de minería subterránea. Estos indicadores facilitaron la

interpretación del comportamiento financiero en el proyecto y permiten determinar si la inversión requerida puede generar beneficios económicos en el tiempo.

Para el análisis del proyecto MATIAS se consideran 3 indicadores principales: el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), y el periodo de recuperación de la inversión. Estos indicadores permiten estimar la rentabilidad del proyecto, el rendimiento esperado de la inversión y el tiempo aproximado necesario para recuperar los recursos invertidos.

Tabla 22

Indicadores financieros

Indicador	Resultado estimado	Interpretación
Valor Presente Neto (VPN)	\$120.000.000 aprox.	Indica que el proyecto genera valor económico y recupera la inversión inicial.
Tasa Interna de Retorno (TIR)	35 % aprox.	Representa la rentabilidad estimada del proyecto, superior al costo de capital esperado.
Periodo de Recuperación de la Inversión	1,5 años aprox.	Tiempo estimado en el cual se recupera la inversión inicial del proyecto.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los indicadores financieros permiten identificar que el proyecto MATIAS presenta condiciones favorables desde el punto de vista económico. El valor presente neto positivo indica que el proyecto generaría beneficios financieros superiores a la inversión requerida para su desarrollo. Por su parte, la tasa interna de retorno proyectada refleja un nivel de rentabilidad atractiva en comparación con otros proyectos de inversión tecnología.

Asimismo, el periodo de la recuperación de la inversión evidencia que los recursos invertidos podrían recuperarse en un plazo relativamente corto, lo cual fortalece la viabilidad económica del proyecto. En conjunto, estos indicadores sugieren que el proyecto MATIAS tiene potencial para convertirse en una alternativa económicamente sostenible para el fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en minería subterránea.

10. Plan operativo

El plano operativo el proyecto MATIAS estableció la organización de las actividades necesarias para el desarrollo, implementación y operación del sistema de monitoreo propuesto para entorno de minería subterránea. Ese plan permitió definir las principales acciones que se deben ejecutar para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema, así como la coordinación de los recursos técnicos, tecnológicos y humanos requeridos.

Dado que el proyecto se encontró en fase diseño, el plan operativo se orienta a la estructuración de los procesos necesarios para la futura implementación del sistema, contemplando actividades relacionadas con el diseño técnico, la instalación de los dispositivos de monitoreo, la configuración de la plataforma digital y el seguimiento en las condiciones de seguridad dentro de las operaciones mineras.

Tabla 23

Plan operativo

Fase	Actividad	Descripción	Responsable
Planeación	Análisis de requerimientos	Se realizó la identificación de las necesidades de monitoreo y de las condiciones de seguridad presentes en la operación minera.	Equipo técnico
Diseño	Diseño del sistema de monitoreo	Se definió la arquitectura del sistema, incluyendo la selección de sensores, dispositivos de localización y componentes tecnológicos necesarios para su funcionamiento.	Ingeniero de desarrollo
Instalación	Implementación de equipos	Se llevó a cabo la instalación de sensores multigás y dispositivos de localización en puntos estratégicos de la operación minera.	Equipo técnico especializado

Configuración	Integración de la plataforma digital	Se realizó la configuración del sistema de monitoreo y su integración con los dispositivos instalados en campo.	Especialista en sistemas
Pruebas	Validación del sistema	Se efectuaron pruebas de funcionamiento con el fin de verificar la correcta transmisión de datos y el desempeño general del sistema.	Equipo técnico
Operación	Monitoreo continuo	Se desarrolló el seguimiento permanente de las condiciones de seguridad y de la ubicación del personal dentro de la operación minera.	Supervisor SST
Seguimiento	Análisis de información	Se llevó a cabo la evaluación de los datos generados por el sistema con el propósito de apoyar la toma de decisiones en materia de seguridad.	Equipo de gestión SST

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

El plan operativo del proyecto MATIAS permitió establecer una organización clara de las actividades necesarias para su desarrollo definiendo fases de trabajo y los responsables de cada proceso. Esta planificación facilitó la coordinación de los recursos técnicos y humanos requeridos durante el proceso de diseño del proyecto. De esta manera el plan operativo aporta una base estructurada para la gestión del proyecto permitiendo orientar de manera ordenada las acciones necesarias para su desarrollo y consolidación dentro del proceso de formulación del plan de negocios.

10.1 Cronograma de actividades

El cronograma de actividades del proyecto MATIAS permitió organizar de manera temporal las diferentes etapas desarrolladas durante el proceso de formulación del proyecto. A través de esta herramienta se establecen las principales actividades realizadas para la construcción del plan de negocios, desde la identificación de la problemática hasta la estructuración de los estudios técnico, organizacional y financiero.

Dado que el proyecto se encontró en fase de diseño, el cronograma se estructura considerando un período de trabajo de cuatro meses, durante los cuales se desarrollaron las actividades de investigación, análisis, diseño de la propuesta tecnológica y elaboración de los diferentes componentes que conforman el plan de negocios.

Tabla 24

Cronograma de Actividades

Actividad	Objetivo de la actividad	Programado	Ejecutado
Revisión bibliográfica sobre SG-SST en minería subterránea	Se realizó el análisis de antecedentes y fundamentos teóricos relacionados con el monitoreo de condiciones de seguridad y el uso de tecnologías aplicadas en minería subterránea.	Mes 1	Mes 1
Diagnóstico de la situación actual en la mina Torteros CMC	Se llevó a cabo la identificación de las condiciones actuales de monitoreo y de los riesgos asociados a las operaciones mineras subterráneas.	Mes 1	Mes 1

Identificación de requerimientos tecnológicos	Se determinaron las necesidades tecnológicas necesarias para el diseño del sistema de monitoreo propuesto.	Mes 2	Mes 2
Diseño conceptual del proyecto MATIAS	Se definió la estructura general del sistema, incluyendo sensores de monitoreo, dispositivos de localización del personal y la plataforma digital de gestión.	Mes 2	Mes 2
Diseño del modelo del sistema de monitoreo	Se estableció la integración entre los sensores de detección de gases, el monitoreo ambiental y el sistema de seguimiento del personal dentro de la operación minera.	Mes 3	Mes 3
Análisis del impacto en el SG-SST	Se evaluó la forma en que la solución propuesta contribuyó al fortalecimiento de la gestión del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.	Mes 3	Mes 3
Elaboración del plan de negocios del proyecto MATIAS	Se estructuró la propuesta técnica, económica y operativa del proyecto con el fin de evaluar su viabilidad.	Mes 4	Mes 4
Redacción y revisión final del documento	Se consolidó el documento final del proyecto para su presentación y sustentación académica.	Mes 4	Mes 4

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

El cronograma actividades permitió evidenciar de manera organizada el proceso de desarrollado para la formulación del proyecto MATIAS durante el periodo de trabajo establecido. A través de la planificación de las diferentes etapas se logró estructurar de forma progresiva la idea del proyecto, pasando por las fases de análisis, diseño y elaboración de los estudios que conforman el plan de negocios. De esta manera, el cronograma reflejo la secuencia de actividades que permitieron consolidar la propuesta presentada, mostrando el desarrollo metodológico seguido durante la construcción del proyecto.

10.2 Impactos

El proyecto MATIAS, orientado al diseño de un sistema de monitoreo para operaciones de minería subterránea, plantea una serie de impactos potenciales asociados al fortalecimiento de las condiciones de seguridad, la gestión de la información y la mejora en los procesos de control dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Algo que el proyecto se encontró en fase de diseño, los impactos identificados corresponden a efectos esperados que podrían generarse en caso de que la propuesta sea implementada en operaciones mineras reales. Estos impactos se relacionaron principalmente con aspectos de seguridad laboral, gestión tecnológica, organización operativa y fortalecimiento de la prevención de riesgos en minería subterránea.

Tabla 25

Impactos

Tipo de Impacto	Descripción
-----------------	-------------

Impacto en seguridad laboral	El proyecto contribuyó al fortalecimiento de las condiciones de seguridad en la minería subterránea mediante la incorporación de herramientas de monitoreo que permitieron identificar de manera oportuna posibles riesgos asociados a la presencia de gases o condiciones ambientales adversas.
Impacto tecnológico	El sistema MATIAS promovió la incorporación de herramientas tecnológicas orientadas al monitoreo y gestión de la información en entornos mineros, fomentando el uso de sistemas digitales para la supervisión de las condiciones de trabajo dentro del socavón.
Impacto organizacional	La propuesta favoreció el fortalecimiento de los procesos de supervisión y control en las operaciones mineras, permitiendo mejorar la gestión de la seguridad y la toma de decisiones basada en la información generada por el sistema.
Impacto en la prevención de riesgos	El proyecto permitió mejorar los mecanismos de seguimiento de las condiciones de seguridad, contribuyendo al fortalecimiento de las estrategias de prevención de incidentes y accidentes laborales en entornos de minería subterránea.
Impacto económico	En un escenario de implementación, el proyecto generó beneficios económicos potenciales asociados a la reducción de incidentes, la optimización de los procesos de supervisión y la mejora en la gestión de los recursos destinados a la seguridad minera.

Fuente: Elaboración propia Carrero Rigaud, S. A y Bohormita Albarracin, M.A. (2026)

Los impactos identificados permitieron evidenciar el potencial aporte del proyecto MATIAS en el fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

(SG-SST), Y en el uso de herramientas tecnológicas dentro del sector de la minería subterránea. En este sentido, la propuesta planteada es una alternativa que, de su fase de diseño, busca aportar elementos que contribuyan a la mejora de los procesos de control y seguimiento de las condiciones de trabajo en la gestión del riesgo de labores mineras subterráneas.

10.3 Impacto económico

El proyecto MATIAS plantea un impacto económico potencial asociado a la incorporación de herramientas tecnológicas orientadas al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en operaciones de minería subterráneas. A partir del diseño del sistema de monitoreo propuesto, se espera que su implementación contribuya a optimizar los procesos de supervisión de condiciones de trabajo, permitiendo mejorar la gestión del riesgo y recursos destinados al control de estos de este tipo de operaciones.

En este sentido, el uso en el sistema de monitoreo y gestión de información podría favorecer la identificación oportuna de condiciones que representan riesgos para los trabajadores, lo cual permitiría a las empresas mineras tomar decisiones preventivas que contribuyan a evitar incidentes, interrupciones en la operación y posibles pérdidas económicas asociadas a accidentes laborales.

Adicionalmente, el desarrollo de MATIAS abrió la posibilidad de generar oportunidades económicas relacionadas con la prestación de servicios asociados al diseño, implementación y seguimiento del sistema, lo cual podría representar una alternativa de negocio orientada al sector minero. De esta manera, el proyecto no solo plantea beneficios en términos de seguridad laboral, sino que también en la generación de valor económico mediante la incorporación de soluciones tecnológicas aplicadas al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Impacto social

El proyecto MATIAS plantea un impacto social potencial relacionado con el fortalecimiento de las condiciones de seguridad y bienestar de los trabajadores que desarrollan sus actividades en operaciones de minería subterránea. A través del diseño de un sistema de monitoreo orientado al seguimiento de las condiciones del entorno laboral, se buscó contribuir a la generación de espacios de trabajo más seguros y a la reducción de los riesgos asociados en este tipo de actividades.

En este sentido, la propuesta del proyecto promueve la incorporación de herramientas que faciliten el control y la supervisión de las condiciones de trabajo dentro del socavón, lo cual pudo favorecer la protección de la integridad física de los trabajadores y fortalecer las acciones de prevención y control dentro de los socavones.

Asimismo, el desarrollo del proyecto MATIAS pudo contribuir al fortalecimiento de la cultura de seguridad dentro del sector minero, al promover el uso de las herramientas tecnológicas que permitan mejorar la gestión de los riesgos laborales y apoyar a los procesos en toma de decisiones orientadas hacia la protección de la vida y salud de los trabajadores.

10.4 Impacto ambiental

El proyecto MATIAS plantea un impacto ambiental potencial asociado al fortalecimiento de los procesos de monitoreo y control dentro de operaciones de minería subterránea. A partir del diseño de un sistema tecnológico orientado al seguimiento de las condiciones del entorno de trabajo, se abre la posibilidad de mejorar la identificación de factores que puedan generar afectaciones ambientales dentro de las labores mineras.

La incorporación de herramientas de monitoreo permitiría facilitar el control de variables relacionadas con la presencia de gases y las condiciones de ambiente dentro del socavón, lo cual podría contribuir a una gestión más adecuada de los riesgos asociados a la

operación minera. De esta manera, el uso de tecnologías aplicadas al monitoreo podría apoyar la implementación de prácticas operativas más controladas y responsables frente al entorno.

Asimismo, el desarrollo del proyecto MATIAS promueve el uso de herramientas tecnológicas que favorecen la generación de información para la toma de decisiones dentro de las operaciones mineras, lo cual puede contribuir indirectamente a mejorar los procesos de gestión ambiental y al fortalecimiento de las prácticas de prevención dentro del sector minero.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto MATIAS permitió analizar la problemática social monitoreo de las condiciones de seguridad en operaciones de minería subterránea, identificando la necesidad de fortalecer los mecanismos de control y seguimiento de los factores y gestión del riesgo presentes en este tipo de entornos laborales.

A partir de ese análisis, se estructuró una propuesta orientada al diseño de un sistema de monitoreo que integra herramientas tecnológicas para la gestión de la información relacionada con la seguridad en labores mineras subterráneas.

Durante el proceso de formulación del proyecto se desarrollaron los estudios de mercadeo, técnico, organizacional y financiero, los cuales permitieron establecer las bases necesarias para evaluar la viabilidad de la propuesta planteada. Estos análisis permitieron evidenciar que el proyecto cuenta con condiciones favorables para su desarrollo, al responder una necesidad existente dentro del sector minero relacionada con el fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), En sus procesos de supervisión y gestión del riesgo.

Desde el punto de vista técnico el proyecto planteo la integración de dispositivos de monitoreo y herramientas digitales que permitirán mejorar la disponibilidad de información sobre las condiciones de trabajo dentro del socavón, lo cual podría favorecer la toma de decisiones orientadas a la prevención de incidentes y al fortalecimiento de la gestión de la seguridad laboral.

Asimismo, el análisis financiero desarrollado permitió identificar un escenario de viabilidad económica para el proyecto considerando un modelo de ingresos basados en el diseño del sistema y la prestación de servicios de seguimiento y soporte técnico. Esto

evidencia el potencial del proyecto no solo como una propuesta orientada a la mejora de la seguridad minera, sino también como una alternativa de negocio aplicable al sector.

Finalmente, el proyecto MATIAS representa una iniciativa que, desde su fase de diseño busca aportar herramientas que contribuyan al fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), integrando los elementos tecnológicos que permitan mejorar los procesos de monitoreo y control en este tipo de operaciones.

Perfil de los emprendedores

El proyecto MATIAS surge a partir de nuestra iniciativa como emprendedores interesados en el fortalecimiento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), en entornos laborales de alto riesgo, Particularmente en el sector de minería subterránea. Durante nuestro proceso de formación académica en el área de seguridad y salud en el trabajo hemos identificado la importancia de diseñar e implementar estrategias que permitan mejorar el monitoreo de las condiciones de trabajo y la gestión de los riesgos laborales dentro de este tipo de operaciones.

A partir de ese análisis, decidimos desarrollar el proyecto MATIAS como una propuesta orientada al diseño de un sistema de monitoreo que permita apoyar los procesos de supervisión y control de las condiciones de seguridad dentro de labores mineras subterráneas. Nuestro interés en el desarrollo de esta iniciativa surge de la necesidad de integrar herramientas tecnológicas que contribuyan al fortalecimiento de la prevención de riesgos y a la mejora de las condiciones de trabajo en entornos laborales de alta complejidad.

- **Soraya Andrea Carrero Rigaud**

Estudiante del programa de **Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo (ASST)**, con interés en el desarrollo de propuestas orientadas al fortalecimiento de la prevención de riesgos laborales y la mejora de las condiciones de trabajo en diferentes sectores productivos. Durante su proceso de formación ha desarrollado competencias relacionadas con la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de estrategias de control dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En el proyecto MATIAS participa en el proceso de formulación del plan de negocios, apoyando el análisis de los diferentes componentes técnicos, organizacionales y financieros que conforman la propuesta, así como en la estructuración de estrategias orientadas al fortalecimiento de la gestión de la seguridad en entornos de minería subterránea.

- **Michael Andrés Bohórmita Albarracín**

Estudiante del programa de **Administración en Seguridad y Salud en el Trabajo (ASST)**, con interés en el análisis de los riesgos laborales y el desarrollo de estrategias orientadas a la prevención de accidentes en entornos de trabajo de alto riesgo. Durante su proceso de formación ha adquirido conocimientos relacionados con la gestión de riesgos, la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) y la identificación de factores que pueden afectar la seguridad de los trabajadores.

Dentro del proyecto MATIAS participa en la estructuración de la propuesta, el análisis de los riesgos asociados a la minería subterránea y la formulación de estrategias orientadas al fortalecimiento de los procesos de monitoreo y supervisión de la seguridad laboral.

Referencias

- Agencia Nacional de Minería. (2023). Informe de emergencias mineras en Colombia. ANM.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). Boletín técnico sector minero energético. DANE.
- International Labour Organization. (2015). Safety and health in underground coalmines. ILO.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). Decreto 1886 de 2015 por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Diario Oficial de la República de Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015a). Resolución 40600 de 2015 por la cual se establecen disposiciones técnicas para ventilación en minas subterráneas. República de Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). Lineamientos de seguridad minera subterránea. Gobierno de Colombia.
- Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Diario Oficial de la República de Colombia.
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). Seguridad y salud en las minas. OIT.
- Agencia Nacional de Minería. (2023). Informe de emergencias mineras en Colombia.
<https://www.anm.gov.co>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). Boletín técnico sector minero-energético. <https://www.dane.gov.co>
- International Labour Organization. (2015). Safety and health in underground coalmines. International Labour Office.

Ministerio de Minas y Energía. (2015a). Resolución 40600 de 2015 por la cual se establecen disposiciones técnicas para ventilación en minas subterráneas. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (2022). Lineamientos de seguridad minera subterránea. <https://www.minenergia.gov.co>

Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Diario Oficial de la República de Colombia.

Organización Internacional del Trabajo. (2019). Seguridad y salud en las minas. Organización Internacional del Trabajo.

Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Decreto 1886 de 2015: Reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas*. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio del Trabajo. (2015). *Decreto 1072 de 2015: Decreto único reglamentario del sector trabajo*. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Decreto 1886 de 2015: Reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas*. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio del Trabajo. (2015). *Decreto 1072 de 2015: Decreto único reglamentario del sector trabajo*. Diario Oficial de la República de Colombia.

Anexos

Anexo 1 Cuestionario para validación del plan de negocios – Solución MATIAS (CMC)

1. ¿Cuáles son hoy los principales riesgos o situaciones críticas de SST que más les preocupan en la operación (especialmente en trabajo de campo/sitio)?
2. ¿Qué dificultades tienen actualmente para hacer seguimiento al SG-SST (evidencias, inspecciones, reportes, indicadores, auditorías)?
3. En los últimos 12 meses, ¿qué incidentes, hallazgos o “casi accidentes” han ocurrido con más frecuencia y qué creen que los causó?
4. ¿Qué tan oportuno es hoy el acceso a la información cuando ocurre una emergencia o un evento crítico (tiempos de respuesta, ubicación del personal, comunicación)?
5. Si MATIAS les permitiera centralizar el SG-SST y además monitorear en tiempo real (personal/condiciones), ¿qué funcionalidades serían “imprescindibles” para ustedes desde el día 1?
6. ¿Qué procesos del SG-SST les gustaría automatizar o simplificar (inspecciones, reportes de incidentes, matrices de riesgo, capacitaciones, planes de emergencia, seguimiento de acciones)?
7. ¿Qué barreras ven para implementar una solución como MATIAS (conectividad, cultura, capacitación, presupuesto, equipos, resistencia del personal)?
8. ¿Cómo medirían ustedes que MATIAS “sí está funcionando” en los primeros 3–6 meses (indicadores clave: reducción de incidentes, ¿cumplimiento, tiempos, auditorías, productividad)?

9. ¿Qué herramientas usan hoy para gestionar el SG-SST (Excel, software, plataforma, consultoría) y qué les gusta/no les gusta de esas opciones?

10. Si conocen soluciones similares (competidores), ¿cuáles han evaluado o usado y por qué no se han quedado con ellas? (costo, complejidad, soporte, falta de monitoreo, no se adapta a su operación, etc.)

11. Si MATIAS se ofreciera por suscripción mensual/anual, ¿qué modelo les resultaría más conveniente: por número de trabajadores, por frentes/áreas, por módulos, o por operación? ¿Por qué?

12. ¿Qué rango de inversión considerarían razonable para una solución que reduzca riesgos y mejore cumplimiento (y qué condiciones tendría que cumplir para justificar ese pago: soporte 24/7, capacitación, sensores, reportes, integración, etc.)?