



DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Comercial

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

**TRANSFORMACIÓN DEL ABASTECIMIENTO EN MINERA
CASERONES: TECNOLOGÍAS PARA UNA GESTIÓN
EFICIENTE, SUSTENTABLE Y SEGURA.**

Tesina de Grado presentada por

MARCELO ALEJANDRO RIOS CALLEJAS

Como requisito para optar al grado de

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Mg. MACARENA GATICA

Agosto de 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título; ☒ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: TRANSFORMACIÓN DEL ABASTECIMIENTO EN MINERA CASERONES:
TECNOLOGÍAS PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE, SUSTENTABLE Y SEGURA

Nombre del candidato(a): Marcelo Alejandro Ríos Callejas

Carrera / Grado: MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Macarena Gatica Silva, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 28-08-2026

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 28-08-2026

; Firma:

Marcelo Ríos
Callejas

Firmado digitalmente por
Marcelo Ríos Callejas
Fecha: 2026.08.28
16:09:42 -04'00'

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

TITULO DE TESINA: “TRANSFORMACIÓN DEL ABASTECIMIENTO EN MINERA CASERONES: TECNOLOGÍAS PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE, SUSTENTABLE Y SEGURA”

AUTOR: MARCELO ALEJANDRO RIOS CALLEJAS

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES:

COMISIÓN DE TESINA:

- Profesor Guía: Macarena Gatica, Mg
- Correferente Externo: Patricio Mansilla, Dr
- Correferente Interno: Juan Tapia, PhD

Santiago, Agosto 2026

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: MARCELO ALEJANDRO RIOS CALLEJAS.

Fecha: 25 de Agosto del 2026.

Resumen Ejecutivo

La industria minera en Chile enfrenta escenarios de creciente exigencia, definido por altos estándares en productividad, sostenibilidad, seguridad operacional y trazabilidad de sus procesos. En este contexto, el área de abastecimiento ha evolucionado desde una función operativa hacia un rol estratégico, siendo clave para asegurar la continuidad operacional y la competitividad en esta industria.

Compañía Minera Caserones no está ajena a esta realidad. A pesar de contar con plataformas corporativas como SAP S/4HANA, el diagnóstico realizado evidencia brechas relevantes en sus procesos de abastecimiento, particularmente en compras, contratos, bodega y logística. Estas brechas se manifiestan en la existencia de procesos manuales, baja integración de sistemas, limitada trazabilidad de la información y escasa utilización de herramientas tecnológicas avanzadas, impactando negativamente en la eficiencia operativa.

En paralelo, el análisis del estado del arte en la minería chilena muestra que diversas compañías líderes han avanzado en la incorporación de tecnologías como inteligencia artificial, automatización de procesos, sistemas de gestión de bodegas (WMS/EWM), IoT, RFID y blockchain, logrando mejoras significativas en productividad, control de inventarios, trazabilidad y sostenibilidad.

A partir de este diagnóstico, el presente estudio propone un modelo de transformación del proceso de abastecimiento en Minera Caserones, basado en la implementación de una arquitectura tecnológica integrada. El eje central de esta propuesta es la incorporación de SAP Extended Warehouse Management (EWM) como sistema de gestión de bodegas, complementado con tecnologías habilitantes como RFID e IoT para la captura de datos en tiempo real, inteligencia artificial para la optimización de inventarios y predicción de demanda, y automatización de procesos (RPA) para mejorar la eficiencia en compras y contratos.

La propuesta se sustenta en herramientas de análisis estratégico como PESTEL, las Cinco Fuerzas de Porter, Cadena de Valor y análisis FODA, permitiendo alinear las soluciones tecnológicas con las necesidades del negocio, las condiciones del entorno y los objetivos estratégicos de la compañía.

Los principales beneficios esperados serán:

- Mejora en la exactitud y visibilidad de inventarios en tiempo real.
- Reducción de errores operacionales asociados a procesos manuales.
- Optimización del capital de trabajo mediante una mejor gestión de inventarios.
- Disminución de tiempos de ciclo en procesos de compra y contratos.
- Fortalecimiento de la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro.
- Mejora en seguridad a los trabajadores al reducir la exposición a tareas manuales.

Finalmente, se plantea un plan de implementación en tres fases (corto, mediano y largo plazo), que permite una adopción progresiva de las tecnologías, considerando aspectos técnicos, operacionales y de gestión del cambio.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	8
2. ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo General	9
3.2 Objetivos Específicos.....	9
4. ALCANCE DEL ESTUDIO	10
5. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	10
6. ESTADO DEL ARTE	11
6.1 Antecedentes del Estado del Arte	11
6.1.1 Análisis de la gestión de abastecimiento en la minería chilena	12
6.2 Marco Teórico del Estado del Arte	14
6.2.1 Gestión de Abastecimiento y Supply Chain	14
6.2.2 Transformación Digital en la Cadena de Suministro	15
6.2.3 Sistemas de Información: ERP, WMS y EWM	15
6.2.4 Tecnologías Habilitantes en Abastecimiento.....	15
6.2.5 Sostenibilidad en la Cadena de Suministro.....	16
6.2.6 Seguridad y Eficiencia Operacional.....	16
6.2.7 Herramientas de Análisis Estratégico	16
7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	17
7.1 Análisis actual del área de Abastecimiento en Minera Caserones	17
7.2 Análisis actual de abastecimiento en Compañías Mineras de Chile	19
7.3 Herramientas para el análisis de propuesta	27
7.4 Tecnologías recomendadas para Abastecimiento en Caserones.....	33
7.5 Plan de implementación.....	34
7.6 Evaluación Económica de la Fase 1 de la Propuesta: Habilitación Digital.....	36
7.6.1 Inversión Inicial Estimada.....	36

7.6.2	Beneficios Cuantificables	36
7.6.3	Optimización de Inventarios	37
7.6.4	Beneficios Operacionales Permanentes	37
7.6.5	Flujo de Caja Proyectado.....	38
7.6.6	Valor Actual Neto (VAN)	38
7.6.7	Tasa Interna de Retorno (TIR)	38
7.6.8	Período de Recuperación (Payback)	38
8.	CONCLUSIÓN	39
9.	BIBLIOGRAFÍA	40
10.	ANEXOS	41

1. Introducción

En la industria de la minería chilena, el abastecimiento de insumos y repuestos ya no es una función operativa más, pasando a convertirse en un área estratégica para garantizar el cumplimiento de los objetivos productivos, la sostenibilidad y la seguridad de las operaciones. Dada las crecientes exigencias, tanto en el ámbito productivo como en el normativo-ambiental, han impulsado a las compañías mineras a optimizar sus procesos, fortalecer la trazabilidad y adoptar soluciones tecnológicas.

En este contexto, Compañía Minera Caserones ubicada en la tercera región de Chile, con una producción en el 2025 de 110.000 toneladas en concentrado de cobre, 20.000 toneladas en cátodos de cobre, y 3.000 toneladas en concentrado de molibdeno. Además, cuenta con una dotación de 959 trabajadores propios y una dotación entre 4.400 a 4.500 de colaboradores, requiere de una alta demanda por insumos y repuestos, donde la gestión eficiente del área de Abastecimiento es crítica para asegurar la continuidad operacional.

No obstante, a pesar de contar con herramientas tecnológicas como el sistema ERP SAP S/4HANA, se identifican brechas importantes en su proceso de gestión. En el área de compras, los procesos de negociación aún se realizan principalmente mediante correos electrónicos, sin plataformas de e-sourcing que aseguren trazabilidad y competitividad. En el área de contratos, si bien existen herramientas como SAP Ariba y DocuSign, su integración con los sistemas de control y gestión es limitada, dificultando el monitoreo y la gestión estratégica de proveedores. En el área de bodega se mantienen procesos manuales en la toma de inventarios y registro de materiales, generando reprocesos, errores y baja visibilidad en tiempo real, situación que se ve agravada por restricciones de conectividad en terreno. Finalmente, en logística el monitoreo del suministro se hace de forma manual sin uso de herramientas de planificación avanzada, lo que restringe la capacidad de anticipación y optimización de recursos.

Estas brechas no solo afectan la eficiencia operativa, sino que también incrementan los riesgos asociados a errores en la información, retrasos en la disponibilidad de materiales críticos y exposición innecesaria de los trabajadores a tareas manuales.

2. Origen y Propósito del Estudio

El presente estudio surge de la necesidad de optimizar los procesos de abastecimiento en Compañía Minera Caserones, en un contexto donde la complejidad operacional y las crecientes exigencias del entorno demandan una gestión más eficiente, integrada y segura de la cadena de suministro. A partir del diagnóstico actual, se identifican brechas relevantes asociadas a la existencia de procesos manuales, baja integración de sistemas y limitaciones en la trazabilidad de la información, lo que impacta directamente en la eficiencia operativa y en la toma de decisiones.

En paralelo, el mercado dispone actualmente de diversas soluciones tecnológicas orientadas a la digitalización y automatización de procesos en áreas críticas como

logística, bodega, compras y contratos, incluyendo herramientas de analítica avanzada, automatización de procesos y plataformas de gestión integradas. Sin embargo, estas capacidades no se encuentran plenamente aprovechadas en la operación actual de la compañía.

En este contexto, el propósito del estudio es analizar los procesos de abastecimiento de Minera Caserones, identificando brechas y oportunidades de mejora, con el fin de proponer lineamientos que permitan avanzar hacia un modelo más digitalizado, automatizado y eficiente, fortaleciendo la trazabilidad de los procesos, la calidad de la información y la toma de decisiones en la organización.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Elaborar una propuesta para mejorar el proceso de abastecimiento de Compañía Minera Caserones, mediante la incorporación de tecnologías enfocadas en mejorar eficiencia operacional, sostenibilidad en los procesos, integración de datos con las plataformas principales de la compañía y contribuir en desarrollar condiciones de trabajo más seguras para los trabajadores.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico actual en el área de Abastecimiento de compañías minera en Chile y de minera Caserones, considerando sus procesos de compras, contratos, bodega y logística, identificando sus brechas y oportunidades.
- Identificar actuales tecnologías utilizadas en la industria minera en Chile, aplicables a los procesos de abastecimiento, con foco en mejorar su eficiencia operativa, trazabilidad e integración de los procesos, y mejoras en seguridad.
- Aplicación de herramientas de análisis estratégico que permitan comparar las distintas tecnologías identificadas, considerando productividad, calidad de servicio, sostenibilidad y seguridad operacional.
- Entregar un plan de implementación de las tecnologías seleccionadas, considerando aspectos técnicos, operacionales y capacitación, que faciliten su integración en los procesos actuales de la compañía.

4. Alcance del estudio

El alcance del presente estudio tiene como objetivo elaborar una propuesta de mejora para el proceso de abastecimiento de Compañía Minera Caserones, considerando como base el diagnóstico elaborado durante el año 2025. Para efectos de benchmarking y análisis comparativo, se evaluarán tecnologías implementadas en la industria minera en Chile durante el período 2023-2025, período seleccionado por corresponder a una etapa de acelerada transformación digital del sector, caracterizada por la incorporación de tecnologías como inteligencia artificial, automatización, y plataformas integradas de gestión. La información utilizada para este análisis provendrá de revisión bibliográfica, documentación técnica y de las experiencias presentadas por compañías mineras en el Congreso Internacional de Abastecimiento Minero (ABASTEMIN), permitiendo identificar tendencias, mejores prácticas y soluciones con potencial de aplicación en Compañía Minera Caserones.

El alcance se concentrará en las áreas de logística, bodega, compras y contratos, analizando sus procesos actuales, identificando brechas operativas y evaluando alternativas de optimización mediante el uso de herramientas tecnológicas. El estudio considera el levantamiento de información en un horizonte acotado al desarrollo de la tesina, considerando el periodo inicial para la implementación de las propuestas.

En este sentido, la propuesta entregada será de carácter conceptual y estratégico, definiendo los lineamientos de mejora para un horizonte de mediano plazo (2 a 3 años), alineados con las necesidades operativas y los desafíos de digitalización de Caserones.

5. Metodología de Trabajo

El presente trabajo será desarrollado mediante una metodología de investigación, evaluación cualitativa e implementación. Considerando el funcionamiento actual de área de abastecimiento en Compañía Minera Caserones, identificando oportunidades para replicar tecnologías ya utilizadas en la minería nacional.

Para ello, se estructurarán en cinco etapas de trabajo, las cuales permitirán abordar de manera sistemática el diagnóstico del modelo actual, la evaluación de tecnologías disponibles y la elaboración de una propuesta de implementación.

Etapa	Actividad	Método	Tiempo estimado	Entregable
Diagnóstico Abastecimiento Minera Caserones	Entender el flujo general de los procesos de Abastecimiento. Revisión documental de procedimientos, manuales y políticas internas.	- Revisión documental. - Análisis de procedimientos. - Revisión del sistema ERP SAP S/4HANA.	4-5 semanas	Contexto general del actual proceso de Abastecimiento y sus principales brechas en Minera Caserones.
Trabajo de Terreno	Observación directa del trabajo y entrevistas con trabajadores clave del área (bodega, compras, contratos, logística).	- Observación directa. - Entrevistas con líderes de área. - Entrevista con trabajadores.	2-3 semanas	Identificación de problemas actuales, oportunidades de mejora y necesidades del equipo.
Investigación de tecnologías utilizadas en minería	Revisión de presentaciones y experiencias de otras mineras en Chile, sobre tecnologías aplicadas al proceso de Abastecimiento.	- Congresos Abastecimiento Minero - Abastemin. - Benchmarking. - Revisión bibliográfica.	2-3 semanas	Resumen de tecnologías aplicadas en mineras en Chile, y que podrían ser adaptables/replicables a la realidad de Minera Caserones.
Diseño de la propuesta a implementar	Desarrollo de una propuesta de mejora de acuerdo al estudio y evaluaciones de las etapas anteriores.	- Aplicación de herramientas estratégicas de evaluación de las propuestas.	2-3 semanas	Entregar una propuesta de tecnologías para el área de Abastecimiento, considerando aspectos diferenciadores de eficiencia, sostenibilidad y seguridad.
Validación y cierre	Ajustes finales de la propuesta, validación con equipos internos y redacción del documento final.	- Presentación. - Validación y feedback. - Revisión y redacción documental de tesis.	2 semanas	Documento final completo, con entrega de las propuestas para aplicación en la minera.

Duración total estimada: entre 12 a 16 semanas.

6. Estado del Arte

6.1 Antecedentes del Estado del Arte

Los procesos de abastecimiento han experimentado una evolución significativa en los últimos años, transitando desde un enfoque centrado en la adquisición y traslado de materiales hacia un modelo integral orientado a la eficiencia operativa, la trazabilidad, la sostenibilidad y la seguridad en toda la cadena de suministro, incorporando además herramientas digitales para mejorar la toma de decisiones (Deloitte, 2023).

En la industria minera, esta transformación ha adquirido especial relevancia debido a la complejidad de sus operaciones, las condiciones geográficas en las que se desarrollan y los altos estándares de seguridad y productividad exigidos. En este contexto, las compañías han impulsado la incorporación de tecnologías digitales como un elemento clave para mejorar la gestión del abastecimiento, avanzando hacia la automatización de procesos, la integración de sistemas y el fortalecimiento de la trazabilidad de materiales e insumos (EY, 2023).

Diversas empresas del sector, como Codelco, BHP, Antofagasta Minerals y Sierra Gorda SCM, han avanzado en la implementación de soluciones tecnológicas tales como plataformas de compras electrónicas, herramientas de analítica avanzada para la planificación logística, tecnologías de seguimiento en tiempo real, así como sistemas de automatización de procesos y digitalización documental. Estas iniciativas han permitido mejorar la eficiencia operativa, reducir errores asociados a tareas manuales, y mejorar el control y seguimiento de la información a lo largo de la cadena de suministro (Encare: Benchmarking Supply Chain 2023).

No obstante, el nivel de adopción de estas tecnologías no es homogéneo en la minería chilena, observándose diferencias significativas entre distintas operaciones mineras. En este sentido, aún persisten organizaciones que mantienen procesos tradicionales, con bajo nivel de integración digital, lo que evidencia la existencia de brechas relevantes y, al mismo tiempo, oportunidades de mejora orientadas a la modernización del abastecimiento (Encare: Benchmarking Supply Chain 2023).

En este contexto, se identifican tres desafíos estructurales en la gestión de

abastecimiento:

- La transformación digital, asociada a la incorporación de tecnologías como inteligencia artificial, automatización y analítica de datos;
- La sostenibilidad, vinculada a la medición de la huella de carbono y la incorporación de principios de economía circular; y
- La gestión del capital humano, relacionada con la atracción, desarrollo y retención de talento especializado.

6.1.1 Análisis de la gestión de abastecimiento en la minería chilena

El rol del área de abastecimiento en la minería chilena se ha consolidado como un pilar estratégico para la competitividad, en un mercado donde la volatilidad de precios, las disrupciones logísticas y la presión por la sostenibilidad redefinen las prioridades de gestión (Encare: Benchmarking Supply Chain 2023).

○ Estrategia y Rol de Supply Chain

- Importancia organizacional: El área de Abastecimiento ha transitado desde un rol operativo a una función con alta incidencia en la estrategia corporativa. En un 67% de las compañías el líder del área reporta directamente a la primera línea ejecutiva, lo que evidencia mayor influencia en la toma de decisiones.
- Prioridades estratégicas: Reducción de costos, ahorro en OPEX/CAPEX y aporte al EBITDA, mediante herramientas de abastecimiento estratégico como la gestión por categorías.
- Amenazas principales: interrupciones de las cadenas de suministro globales, escasez de materias primas y aumentos sostenidos de precios.

○ Sustentabilidad y Responsabilidad Social

- Existe un cambio cultural progresivo hacia la incorporación de criterios ambientales en los procesos de licitación y adjudicación. Varias compañías ya consideran la huella de carbono y la economía circular como factores clave en la selección de proveedores.
- Prácticas actuales incluyen el reciclaje de bolas de molienda, ropa de trabajo y revestimientos, uso de vehículos eléctricos para transporte de personal.
- Se promueve el desarrollo de proveedores locales, no solo para reducir costos logísticos, sino también para elevar estándares ambientales y sociales en las comunidades locales.
- El desafío pendiente es consolidar sistemas estandarizados de medición de emisiones y alinear a toda la cadena de suministro en metas comunes de descarbonización.

○ Innovación, Digitalización y Tecnologías Emergentes

- La mayoría de las compañías emplea plataformas digitales en sus procesos de gestión de compras y contratos (como SAP Ariba y plataformas de e-procurement integradas a ERP, que permiten digitalizar procesos de sourcing, contratos y gestión de proveedores). No obstante, el grado de madurez tecnológica es dispar: mientras algunas avanzan en transformación digital

integral, otras aún mantienen procesos manuales en aprobaciones y reportabilidad.

- Existe una incorporación incipiente de Inteligencia Artificial (IA) y Data Science para análisis de datos, planificación de inventarios y generación de estrategias por categoría. Sin embargo, existen problemas de calidad en la información que limitan su aplicación masiva.
- En bodega, comienzan a implementarse robots para conteo cíclico de inventario y el uso parcial de tecnologías RFID y WMS, con resultados positivos en trazabilidad y exactitud de inventarios.
- A nivel operativo, algunas compañías utilizan RPA (Robotic Process Automation) para automatizar la gestión de órdenes de compra de bajo valor, reduciendo tiempos de ciclo y errores manuales.

○ Gestión de Proveedores y Contratistas

- La relación con proveedores y contratistas constituye uno de los principales desafíos. Persisten problemas en cumplimiento de plazos y disponibilidad de dotación calificada.
- Importantes compañías están implementando programas de Supplier Relationship Management (SRM), enfocados en relaciones de largo plazo y mejora continua en seguridad, productividad y sostenibilidad.
- Otra tendencia es la ampliación de la base de proveedores para mejorar la competitividad, junto con planes de fortalecimiento de proveedores locales.

○ Productividad y Eficiencia en Procurement

- El 90% del gasto gestionado por área de Abastecimiento se canalizó vía contratos, lo que refleja un nivel alto de control.
- La gestión por categorías se ha implementado en un 55% de las empresas, lo que permite optimizar procesos, mejorar ahorros y consolidar volúmenes.
- La automatización avanza: en varias compañías, entre 30% y 50% de las órdenes de compra de bajo valor ya son procesadas por sistemas automáticos o semi-automáticos.
- En tiempos de respuesta, los SLA muestran brechas: la emisión de contratos mayores a 1 millón de USD aún supera los plazos óptimos de referencia internacional, lo que representa una oportunidad de mejora.

○ Inventarios y Logística

- En los últimos 5 años los inventarios de bodega se han incrementado de forma sostenida, como medida de resiliencia ante disrupciones globales. Esto ha generado mayores costos de capital inmovilizado versus asegurar la continuidad operacional.
- Los insumos críticos para la minería en Chile (Combustibles, neumáticos, ácido sulfúrico, cal, bolas de molienda) son monitoreados periódicamente para presentación a la alta gerencia, dada su criticidad en la operación.
- El desafío está en optimizar la rotación del inventario sin poner en riesgo la disponibilidad.
- En logística y bodegas, se implementan el home delivery en faena, bodegas automatizadas y dispensadores de EPP, lo que busca mejorar eficiencia y seguridad.

- Cultura Organizacional, Talento y Equidad
 - El 60% de las compañías mineras en Chile han definido metas de equidad de género, extendiéndolas en algunos casos a empresas colaboradoras en faena.
 - Se implementan modelos de Business Partner en Abastecimiento, que actúan como enlace entre el área y los clientes internos, generando mayor colaboración y trazabilidad.
 - El gran desafío es la retención del talento especializado en abastecimiento, debido a la alta competencia entre compañías y las mejores condiciones ofrecidas por ciertos actores del sector.
- Reparables y Gestión de Componentes
 - Un alto porcentaje de las compañías mineras en Chile cuenta con un departamento especializado en reparables, integrado dentro de la cadena de Abastecimiento.
 - Este departamento se encarga de gestionar la reparación de componentes y equipos tanto de mina como de planta, buscando extender la vida útil de activos de alto costo (ej. motores, bombas, cajas reductoras, sistemas hidráulicos).
 - El modelo estándar es que los servicios de reparación se contraten a través de Procurement (compras o contratos), mientras que la administración del servicio puede recaer en bodega, inventario o áreas usuarias.

6.2 Marco Teórico del Estado del Arte

El presente marco teórico tiene como propósito establecer los fundamentos que sustentan la transformación de los procesos de abastecimiento en la industria minera, considerando su evolución, el rol estratégico que actualmente desempeña dentro de las organizaciones y la incorporación de tecnologías digitales.

6.2.1 Gestión de Abastecimiento y Supply Chain

La gestión de abastecimiento forma parte de la cadena de suministro (Supply Chain Management), la cual comprende la planificación, coordinación y control de los flujos de materiales, información y recursos financieros desde los proveedores hasta el cliente final. Tradicionalmente, el abastecimiento fue concebido como una función operativa centrada en la compra de bienes y servicios; sin embargo, en los últimos años ha evolucionado hacia un rol estratégico, impactando directamente en la continuidad operacional, la optimización de costos y la generación de valor para la organización.

En este contexto, el abastecimiento moderno integra procesos como la planificación de demanda, gestión de proveedores, compras estratégicas, administración de contratos, gestión de inventarios y logística, con un enfoque orientado a la eficiencia, resiliencia y sostenibilidad de la operación.

6.2.2 Transformación Digital en la Cadena de Suministro

La transformación digital se refiere a la incorporación de tecnologías digitales en los procesos organizacionales con el objetivo de mejorar su desempeño, optimizar la toma de decisiones y generar ventajas competitivas. En el ámbito del abastecimiento, esta transformación implica pasar desde procesos manuales y fragmentados hacia modelos integrados, automatizados y basados en datos.

Este proceso no solo considera la implementación de herramientas tecnológicas, sino también cambios en la cultura organizacional, en los modelos de gestión y en las capacidades del capital humano. La digitalización del abastecimiento permite mejorar la visibilidad de la información, reducir errores operacionales, optimizar tiempos de respuesta y fortalecer la trazabilidad en la cadena de suministro.

6.2.3 Sistemas de Información: ERP, WMS y EWM

Los sistemas de información constituyen la base tecnológica para la gestión integrada de los procesos de abastecimiento. En este contexto, los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) permiten centralizar la información de distintas áreas de la organización, facilitando la planificación y control de recursos.

Dentro de estos sistemas, la gestión de bodegas y logística se apoya en soluciones especializadas como los sistemas WMS (Warehouse Management System), orientados a la administración de inventarios, ubicaciones y movimientos dentro de bodegas.

Una evolución de estos sistemas corresponde a soluciones más avanzadas como SAP Extended Warehouse Management (EWM), que permite una gestión más detallada y automatizada de las operaciones logísticas, incorporando funcionalidades como control en tiempo real, optimización de procesos, integración con tecnologías externas y mayor capacidad de trazabilidad. Este tipo de soluciones resulta clave en operaciones complejas como la minería, donde la gestión eficiente de inventarios críticos es fundamental para asegurar la continuidad operacional.

6.2.4 Tecnologías Habilitantes en Abastecimiento

La transformación del abastecimiento se apoya en la incorporación de diversas tecnologías emergentes que permiten automatizar procesos, mejorar la calidad de la información y optimizar la toma de decisiones:

Inteligencia Artificial (IA): Permite analizar grandes volúmenes de datos para predecir demanda, optimizar niveles de inventario, identificar patrones de consumo y mejorar la planificación de abastecimiento.

Automatización de Procesos (RPA): Facilita la automatización de tareas repetitivas, como la generación de órdenes de compra o la gestión de datos, reduciendo errores y tiempos de procesamiento.

Internet de las Cosas (IoT): A través de sensores y dispositivos conectados, permite capturar información en tiempo real sobre el estado y ubicación de materiales, mejorando la visibilidad de la operación.

RFID (Radio Frequency Identification): Tecnología de identificación automática que

permite el registro y seguimiento de materiales sin intervención manual, aumentando la precisión de los inventarios.

Blockchain: Tecnología que permite registrar transacciones de forma segura, transparente e inalterable, facilitando la trazabilidad de materiales e información a lo largo de la cadena de suministro.

Estas tecnologías, integradas en un ecosistema digital, permiten evolucionar hacia un modelo de abastecimiento inteligente, basado en datos y con alta capacidad de adaptación a escenarios dinámicos.

6.2.5 Sostenibilidad en la Cadena de Suministro

La sostenibilidad se ha convertido en un eje central en la gestión del abastecimiento, especialmente en industrias como la minería, donde el impacto ambiental y social es altamente relevante. En este contexto, las organizaciones buscan incorporar criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en sus procesos de compra y relación con proveedores.

El abastecimiento sostenible considera aspectos como la reducción de la huella de carbono, la gestión eficiente de recursos, la economía circular, el reciclaje de materiales y el desarrollo de proveedores locales. Asimismo, promueve la trazabilidad de los insumos y la transparencia en la cadena de suministro, contribuyendo a mejorar la reputación corporativa y el cumplimiento de estándares internacionales.

6.2.6 Seguridad y Eficiencia Operacional

En la industria minera, la seguridad operacional es un aspecto crítico en todas las etapas de la cadena de suministro. La incorporación de tecnologías en los procesos de abastecimiento no solo busca mejorar la eficiencia, sino también reducir la exposición de los trabajadores a riesgos operacionales.

La automatización de procesos, el uso de sensores, sistemas de monitoreo y tecnologías de identificación permiten disminuir la intervención manual en tareas críticas, contribuyendo a generar entornos de trabajo más seguros y eficientes.

6.2.7 Herramientas de Análisis Estratégico

Complementariamente, para el análisis y evaluación de las propuestas de mejora, se consideran herramientas de análisis estratégico ampliamente utilizadas en la gestión empresarial, tales como el análisis PESTEL, las Cinco Fuerzas de Porter, la Cadena de Valor y el análisis FODA. Estas herramientas permiten evaluar el entorno, la competitividad y las capacidades internas de la organización, facilitando la toma de decisiones estratégicas. Su aplicación será desarrollada en el capítulo correspondiente al análisis de la propuesta final.

7. Desarrollo de la Propuesta

7.1 Análisis actual del área de Abastecimiento en Minera Caserones

- Area de Compras:
 - Situación Actual:
 - Gestionan solicitudes de compras de materiales y repuestos de cargo directo y CAPEX. Las compras de repuestos y materiales catalogados son lideradas por el equipo Lundin Mining Chile.
 - La plataforma utilizada para generación de compras es SAP S/4HANA modulo MM.
 - Los procesos de negociación no tienen implementado una plataforma electrónica para procesos competitivos, sino que son procesos que se realizan mediante cotizaciones por email.
 - Actualmente el equipo está formado por un líder de equipo pertenecientes a la compañía, mientras el personal operativo corresponde a personal BackOffice.
 - Brechas:
 - Falta de trazabilidad y control en procesos en negociación.
 - Dependencia de terceros, lo que limita el aprendizaje organizacional.
 - Ausencia de inteligencia de datos para evaluar proveedores y mejorar competitividad.
 - Oportunidades tecnológicas:
 - Implementar plataforma e-sourcing / e-procurement.
 - RPA para automatizar compras menores y recurrentes.
 - IA para análisis de gasto y selección predictiva de proveedores.
- Area de Contratos:
 - Situación Actual:
 - Gestionan solicitudes de servicios hasta US\$ 750K. Los contratos mayores a US\$ 750K son lideradas por el equipo Lundin Mining Chile.
 - La plataforma utilizada para generación de contratos es SAP S/4HANA modulo MM.
 - Los procesos de negociación tienen implementado una plataforma electrónica (Ariba SAP) para procesos competitivos.
 - La gestión de firmas de documentos se hace a través de una plataforma electrónica llamada docuSign.
 - Actualmente el equipo está formado por un líder de equipo pertenecientes a la compañía, mientras el personal operativo corresponde a personal BackOffice.
 - Brechas:
 - Limitada integración de la firma digital con flujos de aprobación y KPIs de gestión.

- Falta de SRM (Supplier Relationship Management) estructurado.
- Oportunidades tecnológicas:
 - Plataforma de Contract Lifecycle Management (CLM) integrada con SAP y DocuSign.
 - Smart Contracts en blockchain para automatizar cumplimiento y pagos.
 - Tableros de Balanced Scorecard para medir tiempos de ciclo, ahorros y cumplimiento.
- Area de Bodega:
 - Situación Actual:
 - Administra un inventario cercano a los US\$85M dispuestos en las diferentes instalaciones y patios.
 - La administración de la bodega esta a cargo del jefe de bodega y logistica, más dos especialistas de bodega en jornada 7x7, todos trabajadores de la compañía.
 - La operación de la bodega es realizada por una empresa colaboradora, la cual es la encargada de custodiar estos activos.
 - La plataforma utilizada para administración de la bodega es SAP, sin embargo, el inventario es realizado de forma manual en los patios para luego traspasar esa informacion digitando los conteos, no existe conectividad en sector de patios ni en sector de repuestos para la implementación de tecnologías.
 - Todas las recepciones de materiales y repuestos son realizadas en faena.
 - Existe un sistema de detección de proximidad en los equipos para alerta de personas, y se está implementado en su segunda fase equipos con la tecnología incorporada.
 - Brechas:
 - Procesos con alta demanda por depender de recepción en faena.
 - Riesgo alto de errores por digitalización manual de tareas.
 - Baja visibilidad en tiempo real del inventario.
 - Falta de automatización en conteo y control.
 - Oportunidades tecnológicas:
 - SAP EWM
 - RFID para conteo en tiempo real y trazabilidad de repuestos.
 - Drones o robots para trabajos de inventarios cíclicos.
 - Gemelos digitales de bodegas para simular rotación de inventario y optimizar espacio.
 - IA para definir niveles óptimos de stock de insumos críticos.
 - Implementar recepción off-site para reducir sobrecarga en bodega de faena.

- Area de Logística:
 - Situación Actual:
 - La administración de la logística está a cargo del jefe de bodega y logística, más dos especialistas de logística en jornada 7x7, todos trabajadores de la compañía.
 - Los servicios administrados son operados por empresas colaboradoras.
 - Administración de la logística interna de repuestos y materiales.
 - Coordinación de cargas sobredimensionada y sobre peso.
 - Planificación logística de insumos críticos (acido, cal, bolas, otros).
 - Administración del servicio de combustible en faena.
 - Brechas:
 - Falta de visibilidad integral en la cadena logística.
 - Limitado uso de herramientas digitales para planificación avanzada.
 - Oportunidades tecnológicas:
 - SAP EWM
 - Plataforma TMS (Transportation Management System) integrada con SAP.
 - Blockchain para trazabilidad de transporte de repuestos críticos.
 - IoT + GPS para seguimiento en tiempo real de cargas sobredimensionadas.

7.2 Análisis actual de abastecimiento en Compañías Mineras de Chile

- Sierra Gorda: Automatización en bodega/inventario

Automatización inteligente, con la incorporación de SierraBot, tecnología que hoy está transformando la gestión logística reduciendo tiempos, errores y riesgos. Es una apuesta tecnológica que marca un antes y un después en la gestión de bodegas e inventarios, alineada con una minería más moderna y responsable.

Hitos Principales

- 2019: Implementación de un Warehouse Management System (WMS).
- 2020: Estandarización de bodegas.
- 2021: Incorporación de PDA's para digitalizar operaciones.
- 2022–2024: Evolución hacia SierraBot, integrando robótica, IA y automatización avanzada.

Propuesta:

- Sistema de conteo automatizado con cero emisiones y cero daños, que combina:
 - ❖ Navegación inteligente con geolocalización y detección de obstáculos.
 - ❖ Interfaz conversacional y asistente virtual para usuarios.
 - ❖ Detección de espacios vacíos con IA y reportes de errores de almacenamiento.

- ❖ Sistema RFID con antenas y etiquetas, para inventarios sin diferencias.
- ❖ Movilidad autónoma con batería de litio, incluso en pendientes y terrenos con obstáculos.
- Beneficios
 - ❖ Inventarios más rápidos (30 minutos) y precisos.
 - ❖ 14.000 SKU gestionados con exactitud.
 - ❖ Mayor seguridad, ya que no requiere grúas ni operadores en riesgo.
 - ❖ Preservación de materiales, reduciendo pérdidas y daños.
 - ❖ Información clara y disponible en tiempo real.
- CMP: Modelo de optimización de inventarios (2024)

Una minería más eficiente también depende de cómo se gestionan los inventarios. La pandemia les mostró con fuerza la fragilidad de las cadenas logísticas globales: interrupciones en transporte, escasez de mano de obra y atrasos de proveedores generaron sobrecostos y exceso de stock.

- Diagnóstico
 - ❖ Exceso de existencias y mayor riesgo de obsolescencia.
 - ❖ Aumento en costos de almacenamiento y transporte.
 - ❖ Nuevos equipos y tecnologías que vuelven obsoletos ciertos repuestos.
 - ❖ Necesidad de equilibrar disponibilidad de insumos críticos con control de costos.
- Desafíos y oportunidades
 - ❖ Anticipar la demanda mediante planificación y monitoreo de mercado.
 - ❖ Incorporar tecnología y analítica predictiva para ajustar inventarios en tiempo real.
 - ❖ Diferenciar gestión de bienes críticos y no críticos, con inventarios de seguridad solo en lo esencial.
 - ❖ Trabajar colaborativamente con proveedores y usuarios internos, compartiendo información y alineando expectativas.
 - ❖ Evitar obsolescencia, gestionando equipos e insumos de vida útil corta.
- Impacto
 - ❖ Mejoras en la cadena de suministro: automatización de pedidos y alianzas estratégicas.
 - ❖ Reducción de inventarios: ajustes basados en datos históricos y gestión colaborativa con mantenimiento y confiabilidad.
 - ❖ Gestión de riesgos: planificación, control y análisis de criticidad.
 - ❖ Uso de IA y machine learning: modelos que ajustan niveles de stock según demanda proyectada.
 - ❖ Asesoría externa (DUX): revisión y rediseño del modelo global de gestión de materiales.
 - ❖ Nueva política de materiales: reglas claras y procedimientos

transversales.

- ❖ Gestión de obsoletos: identificación, provisiones y remates de equipos y repuestos.
- ❖ Manual de Facultades: para regular incorporaciones al stock con control riguroso.
- ❖ Proyecto Ruta Digital: integración de machine learning y herramientas como ChatGPT en la gestión de inventarios.

○ CMP - Optimización de Inventarios con Opticks AI (2025)

CMP ha desarrollado un modelo de abastecimiento basado en la plataforma Opticks AI, que combina analítica avanzada de la cadena de suministro con Inteligencia Artificial y machine learning. Este proyecto busca optimizar la gestión de inventarios en las bodegas de Atacama y Coquimbo, donde se administran más de 50 mil códigos de materiales activos y 37 mil posiciones de órdenes de compra. La iniciativa se centra en reducir capital inmovilizado y automatizar procesos de reposición, integrando SAP y Microsoft Azure como soporte tecnológico.

▪ Diagnóstico

- ❖ Existencia de stock inmovilizado de más de 36 meses, incluyendo obsoletos y materiales de seguridad.
- ❖ MUS\$ 150 en inventarios de materiales y repuestos, con alto costo financiero asociado.
- ❖ Necesidad de mejorar la planificación de demanda y la reposición de insumos críticos.

▪ Desafíos

- ❖ Optimizar niveles de inventario valorizados en al menos un 15%, manteniendo el nivel de servicio.
- ❖ Automatizar el 100% de los procesos de reposición de SKUs bajo convenios de precios.
- ❖ Depurar y estandarizar el maestro de materiales, eliminando duplicados y aplicando normas internacionales (UNSPSC).
- ❖ Incorporar reglas de negocio y criticidad en la parametrización dinámica de stock.

▪ Impacto

- ❖ Reducción esperada de MUS\$ 15 a 20 anuales en capital de trabajo y MUS\$ 1,0 a 1,4 en costos financieros.
- ❖ Mejora en la reportabilidad, identificación de inmovilizados, quiebres de stock y desempeño de convenios.
- ❖ Mayor eficiencia en la reposición y reducción de riesgos de obsolescencia.

- Codelco: Digitalización y Trazabilidad de Documentos

En 2025, se inició la integración de blockchain en su plataforma estatal de gestión comercial para digitalizar documentos críticos relacionados con exportaciones de cobre y subproductos.

- Cómo funciona:
 - ❖ Las órdenes de compra, facturas y documentos de embarque se registran en blockchain, lo que permite:
 - Evitar fraudes.
 - Reducir retrasos en pagos internacionales.
 - Optimizar la coordinación con bancos y navieras.
- Impacto:
 - ❖ Modernización de procesos comerciales con uso de tecnología.
 - ❖ Mayor seguridad jurídica y confiabilidad en las transacciones internacionales.
 - ❖ Reducción de costos administrativos y tiempos de procesamiento.

- Codelco: Sistema único de acreditación laboral (SUCAL)

Sistema Único de Acreditación y Control Laboral implementado por Codelco en 2024. Surge para reemplazar múltiples softwares y procesos dispersos de acreditación y control laboral. Se basa en PUCAL, un procedimiento corporativo que estandariza la gestión de contratistas en todas las divisiones y proyectos.

- Cómo funciona:
 - ❖ Integra en una sola plataforma la acreditación, productividad, control laboral y gestión documental.
 - ❖ Actualmente cuenta con más de 180 mil trabajadores contratistas registrados y 10 mil usuarios activos.
 - ❖ El sistema controla mensualmente a 60 mil personas y 2 mil vínculos comerciales.
 - ❖ Incorpora 15 procesos sistematizados y 22 tableros de gestión en Power BI.
- Impacto:
 - ❖ El ecosistema SUCAL abarca seguridad, clima laboral, igualdad de género, continuidad operacional, inducciones y beneficios marco.
 - ❖ Sus beneficios incluyen ahorros por más de USD 28 millones anuales, reducción del 45% en tiempos de acreditación y menor riesgo de sanciones o movilizaciones.
 - ❖ Posiciona a Codelco como pionero en la industria minera con un sistema único y transversal tipo “pasaporte minero”.

- Codelco: Logística y transporte

La logística y la distribución son piezas clave para asegurar la continuidad operacional de la mayor productora de cobre del mundo. Con operaciones en

todo Chile y presencia comercial global, cuya meta es conectar minas, plantas y mercados internacionales con eficiencia, seguridad y sostenibilidad.

- Modelo logístico
 - ❖ Modelo centralizado End-to-End que integra desde la planificación de la demanda hasta la entrega final.
 - ❖ Esto permite reducir costos, optimizar recursos y garantizar seguridad, tanto en la logística de insumos críticos como en la distribución de productos y subproductos.
 - ❖ Gestión de más de 140 proveedores diarios, 250 contenedores al mes y más de 15.000 bultos mensuales en la logística nacional inbound.
- Infraestructura y alcance
 - ❖ 8 almacenes primarios y más de 20 bodegas operacionales, con más de 65.000 m² de almacenamiento techado.
 - ❖ Implementación de sistemas de gestión de bodegas (WMS), evolucionando en algunos casos hacia soluciones más avanzadas como SAP Extended Warehouse Management (EWM), junto con tecnologías RFID, lo que ha permitido aumentar significativamente la trazabilidad y eficiencia operativa en la gestión de inventarios.
 - ❖ Distribución outbound: más de 7,4 millones de toneladas anuales de cobre refinado, no refinado y ácido sulfúrico.
 - ❖ Transporte multimodal: 600 tractocamiones, 1.000 conductores y convoyes ferroviarios diarios, recorriendo más de 65 millones de km al año (equivalente a 5 vueltas diarias al mundo).
- Impactos recientes 2025
 - ❖ Reducción del 33% en los costos logísticos.
 - ❖ 97% de cumplimiento en el programa logístico.
 - ❖ Consolidación de más del 60% de carga por camión, optimizando rutas y reduciendo emisiones.
 - ❖ Cumplimiento exitoso de 85 mantenciones críticas con aseguramiento de repuestos.
 - ❖ Administración de más de 1.100 convenios marcos.
 - ❖ Fuerte foco en la seguridad vial y en divisiones, reduciendo accidentabilidad.
- Desafíos hacia 2026
 - ❖ Avanzar en transporte sostenible, incorporando vehículos eléctricos y optimización de rutas.
 - ❖ Digitalización total de procesos, mejorando trazabilidad y comunicación.
 - ❖ Planificación centralizada de inventarios para alinear mejor las divisiones.
 - ❖ Diseñar planes de continuidad operacional robustos ante interrupciones.
 - ❖ Estandarizar el modelo logístico en todas las divisiones.

- Codelco – Certificación de Energía Solar (“Sello Sol”)

- Qué Hizo:

- En 2019, la División Gabriela Mistral de Codelco fue pionera en usar blockchain para certificar que parte de su producción de cátodos de cobre se realizó con energía solar.

- Cómo funciona:

- A través de un sistema blockchain se registran los certificados de energía renovable emitidos por el Coordinador Eléctrico Nacional. Esto asegura que la electricidad usada en la faena proviene efectivamente de plantas solares.

- Impacto:

- ❖ Transparencia hacia clientes internacionales que demandan cobre “verde”.
 - ❖ Posicionamiento de Codelco en el mercado de cobre sustentable.
 - ❖ Base para medir y reportar huella de carbono en productos.

- Codelco – Modelo de Abastecimiento Sostenible

Codelco ha transformado el abastecimiento en un socio estratégico de la operación, integrando un modelo tecnológico basado en Inteligencia Artificial y digitalización logística. Este modelo se articula en tres ejes: Profit (eficiencia), Planet (sustentabilidad) y People (proveedores y mano de obra local). La IA se aplica en procesos de licitación y evaluación de ofertas, mientras que sistemas como WMS y RFID aseguran trazabilidad en bodegas y logística.

- Objetivos:

- ❖ Necesidad de reducir tiempos de licitación.
 - ❖ Mejorar trazabilidad de insumos críticos.
 - ❖ Avanzar hacia la descarbonización.

- Desafíos:

- ❖ Incorporar IA en procesos complejos.
 - ❖ Estandarizar la logística en todas las divisiones.
 - ❖ Consolidar un modelo end-to-end.

- Impacto:

- ❖ Reducción de tiempos de licitación (54% materiales, 44% servicios).
 - ❖ Electromovilidad en transporte de personal (43,2 MUSD de ahorro).
 - ❖ Economía circular en bolas de molienda (-40.000 ton CO₂/año)
 - ❖ Certificación The Copper Mark y Sello de Excelencia Energética.

- Collahuasi – Manejo de residuos

En Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, ubicada en Tarapacá, la proyección de largo plazo debe ir acompañada de una gestión responsable de

los recursos, las personas y el entorno.

- Circularidad y sostenibilidad como estrategia
 - ❖ Han integrado la economía circular en las políticas de abastecimiento y sostenibilidad: reducir, reparar, remanufacturar y reciclar son principios que aplican en la cadena de valor.
 - ❖ Incorporaron atributos de circularidad en procesos de licitación y compras, premiando a las empresas que ofrecen soluciones más sostenibles y que se instalan en la región, generando empleo local.
 - ❖ En 2023, 65% de sus compras fueron a proveedores locales o mixtos, con mecanismos de apoyo como pago a 14 días y sustitución de boletas de garantía por pólizas.
 - Gestión de residuos y valorización
 - ❖ Han alcanzado un 83% de valorización de residuos industriales en 2023, y un 86% en 2024, superando la meta de 60% fijada por la compañía.
 - ❖ Cuentan con más de 39 clases de residuos valorizables, gestionados con trazabilidad digital y reportes en tiempo real.
 - ❖ Entre 2020 y 2024 repararon 3.917 componentes, con un ahorro estimado de US\$ 125,5 millones, fortaleciendo la circularidad y reduciendo impactos ambientales.
 - Innovación y eficiencia
 - ❖ Proyectos como el Aquabot (lavado automatizado de camiones) han permitido reducir el consumo de agua, riesgos de seguridad y mejoran productividad.
 - ❖ Sensores Minesense permiten optimizar la caracterización del mineral en cada balde, reduciendo viajes, costos y emisiones.
- Anglo American – Administración de Contratos y Competitividad en la Minería
- Diagnostico

En minería, los servicios de terceros representan el 70% de los costos de operación, siendo clave su administración eficiente. El aumento de costos recientes se explica en gran medida por el encarecimiento de los servicios, y la subcontratación excesiva.
 - Propuesta
 - ❖ Implementación de modelos de gestión como SG3 han permitido optimizar de forma continua y recuperar entre 5% y 10% de valor en contratos.
 - ❖ Los factores críticos para el éxito han sido:
 - Organización orientada a la gestión de contratos.
 - Accountability y responsabilidad individual.
 - Plataforma tecnológica de gestión.
 - Back Office especializado.

- Impacto
 - ❖ Un caso de éxito minero mostró ahorros anuales de US\$ 16,4 millones, reducción de 185 FTE (5,3%) y ahorro adicional de US\$ 2,2 millones en pagos.
 - ❖ Las palancas de mejora incluyen: análisis de demanda, negociación de tarifas (Should Cost), optimización de dotaciones y gestión de información.
 - ❖ Ejemplos prácticos mostraron reducciones de gasto entre 20% y 34% en servicios como mantenimiento de plantas, andamios y equipos de izaje, sin sacrificar calidad ni seguridad.

○ Enami – Trazabilidad de Energía Renovable con Acciona

- Qué hicieron:

En 2020, Enami implementó junto a Acciona una solución blockchain para certificar el origen de la energía renovable que alimenta sus plantas y fundiciones.

- Cómo funciona:

Cada MWh de energía generado en plantas eólicas o solares queda registrado en blockchain, asegurando la trazabilidad hasta el punto de consumo de Enami. Esto evita el “greenwashing” (afirmar uso de energía limpia sin respaldo).

- Impacto:

- ❖ Fortalecimiento de la transparencia energética en sus operaciones.
- ❖ Primer caso chileno en minería donde blockchain se aplica directamente a validar suministro eléctrico renovable.
- ❖ Contribuye a cumplir estándares ESG y compromisos de reducción de emisiones.

○ SQM – Trazabilidad del Litio con Circular

- Qué hicieron:

En 2023, SQM se asoció con Circular, startup británica especializada en blockchain, para implementar trazabilidad de la cadena del litio desde el Salar de Atacama hasta las baterías de autos eléctricos.

- Cómo funciona:

La plataforma de Circular registra en blockchain datos sobre el origen del litio, consumo de agua y huella de CO₂ en cada etapa (extracción, procesamiento, transporte).

- Impacto:

- ❖ Transparencia total para clientes como fabricantes de baterías y automotrices (ej. Tesla, Volvo, Mercedes).
- ❖ Diferenciación competitiva de SQM como proveedor de litio sustentable y trazable.
- ❖ Herramienta de reputación frente a cuestionamientos sociales y ambientales sobre el impacto del litio en Chile.

7.3 Herramientas para el análisis de propuesta

Para desarrollar propuestas de mejora, debemos considerar conceptos y herramientas que están guiando hoy la modernización del abastecimiento minero.

- Análisis PESTEL aplicado al modelo de Abastecimiento de Caserones
 - Contexto:
 - ❖ P (Político): La industria minera chilena se desarrolla en un entorno condicionado por decisiones gubernamentales, cambios regulatorios y factores geopolíticos que impactan la cadena global de suministro. La creciente competencia por minerales, las tensiones comerciales entre las principales economías, las restricciones a la exportación de materias primas y los conflictos internacionales han incrementado la incertidumbre respecto de la disponibilidad de insumos estratégicos, equipos y repuestos. Asimismo, guerras, sanciones económicas y medidas proteccionistas pueden generar interrupciones en las cadenas de suministro, mayores tiempos de abastecimiento y aumento de costos logísticos. Frente a este escenario, resulta fundamental fortalecer los procesos de abastecimiento mediante la incorporación de tecnologías que mejoren la planificación, la trazabilidad y la visibilidad de la cadena de suministro.
 - ❖ E (Económico): La industria minera nacional enfrenta un escenario de alta incertidumbre económica, caracterizado por la volatilidad del precio del cobre, presiones inflacionarias sobre bienes y servicios, fluctuaciones del tipo de cambio, incremento en los costos de transporte y fletes internacionales, y mayores tiempos de abastecimiento. A ello se suman factores externos como la desaceleración del crecimiento económico de China, principal consumidor mundial de cobre, las tensiones comerciales entre Estados Unidos y China, la aplicación de aranceles a diversos productos y la incertidumbre de los mercados internacionales. Estas condiciones impactan directamente los costos de adquisición de materiales, la disponibilidad de insumos críticos y la planificación de la cadena de suministro, obligando a las compañías mineras a optimizar sus niveles de inventario, fortalecer la planificación de la demanda y aumentar la eficiencia de sus procesos de abastecimiento para reducir costos y minimizar riesgos operacionales.
 - ❖ S (Social): La industria minera nacional enfrenta variadas expectativas de trabajadores, comunidades, proveedores y demás grupos de interés en materias de seguridad, salud, diversidad e inclusión, desarrollo de proveedores locales y sostenibilidad. Asimismo, la escasez de mano de obra especializada y la necesidad de mantener la licencia social para operar exigen a las compañías fortalecer sus estándares de gestión y generar relaciones de confianza con sus comunidades. En este contexto, la digitalización

del proceso de abastecimiento contribuye a disminuir la exposición de las personas a tareas de mayor riesgo mediante la automatización de actividades manuales, como inventarios, conteos y movimientos de materiales. Además, favorece una gestión más transparente y colaborativa con proveedores, fortalece la trazabilidad de los procesos y mejora la seguridad operacional, respondiendo a las crecientes demandas sociales y organizacionales.

- ❖ T (Tecnológico): La industria minera nacional atraviesa un proceso acelerado de transformación digital, impulsado por la incorporación de tecnologías asociadas a la Minería 4.0. Durante el período 2023–2025, se ha observado una creciente adopción de soluciones como Inteligencia Artificial (IA), automatización de procesos, Internet de las Cosas (IoT), RFID, automatización robótica de procesos (RPA), plataformas de e-Procurement, sistemas avanzados de gestión de bodegas como SAP Extended Warehouse Management (EWM) y herramientas de ciberseguridad para proteger la infraestructura tecnológica y la información crítica. Estas tecnologías permiten integrar los procesos de abastecimiento, mejorar la trazabilidad y visibilidad de la cadena de suministro, optimizar la gestión de inventarios, fortalecer la seguridad de la información y apoyar la toma de decisiones basada en datos, incrementando la eficiencia operativa y la competitividad de las compañías mineras.
- ❖ E (Ecológico): La industria minera enfrenta crecientes exigencias para desarrollar sus operaciones de forma sostenible, impulsadas por regulaciones ambientales, compromisos de descarbonización y las crecientes demandas de inversionistas, clientes y otros grupos de interés en materia de criterios ambientales, sociales y de gobernanza. En este contexto, aspectos como la reducción de la huella de carbono, la gestión eficiente del agua y la energía, la economía circular, la valorización de residuos y la disminución de emisiones asociadas al transporte se han convertido en factores estratégicos para la competitividad del sector. Asimismo, los mercados internacionales exigen una mayor trazabilidad respecto del origen de los minerales y de las prácticas ambientales empleadas en su producción. Frente a estos desafíos, tecnologías como blockchain, IoT y sistemas integrados de gestión permiten fortalecer la trazabilidad de la cadena de suministro, optimizar la logística, reducir desperdicios, mejorar el uso de los recursos y respaldar iniciativas de abastecimiento sostenible.
- ❖ L (Legal): La industria minera opera en un entorno regulatorio cada vez más exigente, caracterizado por mayores requerimientos en materia de seguridad laboral, cumplimiento normativo, transparencia, protección ambiental y responsabilidad corporativa. La aplicación de normativas como la Ley REP, la Ley N° 20.393 sobre Responsabilidad Penal de las Personas Jurídicas, la legislación ambiental, las regulaciones laborales aplicables a trabajadores y

empresas contratistas, así como las crecientes exigencias en protección y gestión de datos, obligan a las compañías a fortalecer sus mecanismos de control y trazabilidad. Asimismo, los procesos de abastecimiento deben garantizar el cumplimiento de requisitos legales en la selección de proveedores, administración de contratos, gestión documental y auditorías. En este contexto, la incorporación de plataformas digitales, gestión documental electrónica y tecnologías de trazabilidad permite fortalecer el cumplimiento regulatorio, mejorar la disponibilidad de información para auditorías, reducir riesgos asociados a errores o incumplimientos y aumentar la transparencia en la cadena de suministro.

En consecuencia, el análisis PESTEL evidencia que las principales presiones que enfrenta el proceso de abastecimiento de Compañía Minera Caserones no provienen netamente del ámbito tecnológico, sino también de factores económicos, regulatorios, ambientales y sociales. En este contexto, la incorporación de soluciones digitales deja de constituir una alternativa de modernización para transformarse en un habilitador estratégico que permite mejorar su cadena de suministro, fortalecer la continuidad operacional y mantener la competitividad de la compañía frente a un entorno cada vez más exigente.

- Tecnologías recomendadas:
 - ❖ Migrar a SAP EWM
 - ❖ Blockchain para trazabilidad de insumos críticos y certificación energética.
 - ❖ IA para predicción de demanda y optimización de inventarios.
 - ❖ IoT + RFID para control en tiempo real de repuestos y materiales de bodega y logística.
 - ❖ Sistema de identificación repuestos en patios mediante código de barras.
- Cinco Fuerzas de Porter en Abastecimiento
 - Poder de proveedores: Alto
 - ❖ Insumos críticos (neumáticos, ácido sulfúrico, combustible, bolas, Cal).
 - ❖ Tecnología: Blockchain + SRM digital para diversificar proveedores y monitorear desempeño.
 - ❖ Integración con SAP EWM para mejorar la visibilidad de inventarios críticos y reducir dependencia de proveedores mediante una gestión más eficiente de stock de seguridad
 - Poder de clientes: Alto
 - ❖ Compradores internacionales demandan cobre “verde”.
 - ❖ Tecnología: Blockchain de energía renovable para diferenciarse con un producto trazable.
 - ❖ Integración con SAP EWM, soporte a la trazabilidad interna de materiales y repuestos, permitiendo respaldar la cadena de suministro con información confiable desde bodega hasta el cliente

interno.

- Rivalidad en la industria: Alto
 - ❖ Codelco, BHP, Anglo y SQM ya han avanzado en digitalización.
 - ❖ Tecnología: IA y RPA para cerrar brechas de eficiencia.
- Amenaza de sustitutos: Bajo
 - ❖ Procesos de reciclaje de cobre, uso de baterías alternativas.
 - ❖ Tecnología: Blockchain como ventaja competitiva de trazabilidad.
- Nuevos entrantes: Bajo
 - ❖ Altas barreras de entrada en minería tradicional (CAPEX, regulación, activos), sin embargo, la digitalización permite la entrada de operaciones más eficientes y flexibles.
 - ❖ Tecnología: IoT, IA y automatización para reducir costos operacionales.
- Cadena de Valor de Porter aplicada al proceso de Abastecimiento
 - Operación y logística en Bodega
 - ❖ Problema: Actualmente la recepción y conteo en patios se realiza de forma manual, sin tecnologías ni conectividad en terreno. Además, la gestión de reparables carece de planificación predictiva.
 - ❖ Tecnología / Propuesta:
Implementación de SAP EWM integrado con tecnología RFID e IoT para la automatización de la gestión de inventarios.
 - RFID permitirá la identificación automática de materiales mediante etiquetas y antenas, eliminando el conteo manual.
 - IoT habilitará la captura de datos en tiempo real desde patios y bodegas.
 - EWM actuará como sistema central, gestionando ubicaciones, movimientos y trazabilidad de inventarios.
 - Impacto esperado:**
Inventarios en tiempo real, reducción de errores operacionales, mayor trazabilidad y optimización en la gestión de materiales y reparables.
 - Logística externa (Outbound)
 - ❖ Problema: Alta dependencia de la recepción de repuestos en faena y limitada visibilidad del transporte.
 - ❖ Tecnología / Propuesta:
Implementación de un TMS (Transportation Management System) integrado con EWM, complementado con IoT y blockchain.

- IoT + GPS permitirán el seguimiento en tiempo real de cargas.
- EWM permitirá coordinar despacho desde bodega con información precisa de inventario.
- Blockchain aportará trazabilidad y seguridad en la información logística.

Impacto esperado:

Mayor visibilidad de la cadena logística, reducción de incertidumbre en entregas y mejora en la planificación de abastecimiento.

- Infraestructura de soporte

- ❖ Problema: Procesos de compras y contratos manuales, con alta dependencia de la gestión individual y baja trazabilidad.

- ❖ Tecnología / Propuesta:

Implementación de plataformas de e-procurement y RPA, integradas con el ecosistema SAP.

- Automatización de procesos de compra repetitivos mediante RPA.
 - Digitalización de licitaciones y contratos mediante e-procurement.
 - Integración con EWM para alinear compras con necesidades reales de inventario.

Impacto esperado:

Procesos más eficientes, reducción de tiempos de ciclo y mayor control en la gestión de abastecimiento.

- Análisis FODA para proceso tecnológico de Abastecimiento para Caserones

- Fortalezas:

- ❖ Uso de plataformas corporativas como SAP S/4HANA y DocuSign para la gestión de compras y contratos.
 - ❖ Experiencia en modelos de outsourcing para la operación logística y de bodegas.
 - ❖ Implementación de sistemas de seguridad en equipos y operaciones en terreno.

- Debilidades

- ❖ Persistencia de procesos manuales en la gestión de compras, contratos e inventarios.
 - ❖ Alta dependencia de terceros, lo que limita el control y la generación de conocimiento interno.
 - ❖ Bodegas con baja conectividad y ausencia de trazabilidad en tiempo real de materiales e insumos, debido a la falta de tecnologías de identificación automática.
 - ❖ Limitada integración entre sistemas y áreas del proceso de abastecimiento.

- Oportunidades:
 - ❖ Implementación de soluciones avanzadas de gestión de bodegas como SAP EWM para optimizar inventarios y operaciones logísticas.
 - ❖ Implementación de tecnologías de identificación automática como RFID para mejorar la trazabilidad y control de inventarios en tiempo real
 - ❖ Incorporación de tecnologías digitales como inteligencia artificial, RPA, IoT y blockchain en la gestión de Supply Chain.
 - ❖ Avance hacia certificaciones de sostenibilidad y cobre verde, impulsando trazabilidad y transparencia.
 - ❖ Uso de tecnologías emergentes como drones e impresión 3D para mejorar la eficiencia en inventarios y mantenimiento.
- Amenazas:
 - ❖ Competidores con mayor madurez digital, como Codelco y BHP.
 - ❖ Incremento sostenido en los costos de insumos críticos para la operación.
 - ❖ Mayores exigencias regulatorias en materias ambientales, sociales y de trazabilidad.
 - ❖ Disrupciones en la cadena de suministro global.
- Recomendación:

A partir del análisis FODA, se propone avanzar en la transformación digital del proceso de abastecimiento mediante la implementación de una arquitectura tecnológica integrada, cuyo eje central sea la incorporación de SAP EWM (Extended Warehouse Management), complementada con tecnologías de identificación automática como RFID, además de herramientas de automatización (RPA) y analítica avanzada (IA).

La integración de RFID con EWM permitirá capturar información en tiempo real sobre la ubicación, movimiento y estado de los materiales dentro de bodega, eliminando procesos manuales de conteo y digitación. Esto contribuirá a mejorar la exactitud de inventarios, reducir errores operacionales y aumentar la visibilidad de la cadena de suministro.

○ Balance ScoreCard (BSC): Medición del modelo de Transformación

- Financiera:
 - ❖ KPI: % reducción de costo de inventario (meta: -3%). Actualmente tenemos promedio de US\$85M en inventario de repuestos.
 - ❖ KPI: ahorro anual por automatización de órdenes de compra (meta: US\$0,5M).
- Clientes internos (mina, planta, mantenimiento, relaves):
 - ❖ KPI: nivel de servicio (SLA de reservas vs entregas) > 98%.
 - ❖ KPI: Encuestas satisfacción interna con abastecimiento.
 - ❖ KPI: nivel de servicio (SLA de compras y contratos) > 95%
- Procesos internos:
 - ❖ KPI: % órdenes procesadas vía RPA (procesos automáticos) (meta:

- primer año 20%).
- ❖ KPI: % contratos gestionados digitalmente (meta: primer año 30%).

7.4 Tecnologías recomendadas para Abastecimiento en Caserones.

- Sistema integral de gestión de bodegas

Implementación de SAP Extended Warehouse Management (EWM) como plataforma base para la gestión de inventarios, ubicaciones, movimientos y trazabilidad de materiales. Permitirá integrar las distintas tecnologías propuestas, siendo la base del sistema logístico.

La implementación de SAP Extended Warehouse Management (EWM) se alinea con los principales análisis estratégicos desarrollados, permitiendo abordar debilidades operacionales (FODA), fortalecer la cadena de valor, mejorar la competitividad (Porter) y optimizar indicadores de desempeño (Balanced Scorecard).

- Blockchain

Aplicación en la trazabilidad de repuestos e insumos críticos a lo largo de la cadena de suministro. Permitiendo certificar el origen de energía utilizada, contribuyendo a iniciativas de “cobre verde”.

Ventaja competitiva mediante transparencia, trazabilidad y confiabilidad de la información hacia clientes y proveedores (Porter).

- Inteligencia Artificial (IA)

Predicción de demanda de insumos críticos, optimización de niveles de inventario, gestión predictiva de reparables y análisis de gasto en compras, permitiendo anticipar requerimientos, mejorar la planificación y generar eficiencias operacionales. Esto contribuye a reducir la incertidumbre en la toma de decisiones, optimizar el uso de recursos y disminuir costos asociados a sobrestock, quiebres de inventario y procesos reactivos.

La incorporación de inteligencia artificial permite evolucionar hacia un modelo de abastecimiento basado en analítica avanzada, mejorando la toma de decisiones y reduciendo la incertidumbre en la planificación. Mejorando la eficiencia operativa, optimización de costos y mejor alineación entre la demanda y la disponibilidad de insumos críticos (Análisis FODA).

- Automatización de Procesos (RPA)

Automatización de procesos de compras de bajo valor y alta recurrencia, reducción de tareas manuales en generación y seguimiento de órdenes de compra.

Optimización de procesos internos, reducción de tiempos de ciclo y costos

operacionales, alineado a indicadores de desempeño (Balanced Scorecard).

▪ IoT + RFID

Implementación de sensores y etiquetas RFID para identificación automática de materiales, captura de datos en tiempo real sobre movimientos, ubicaciones y estado de inventarios. La integración con SAP Extended Warehouse Management permite automatizar la gestión de bodegas, eliminando conteos manuales y mejorando la exactitud de inventarios.

Mayor visibilidad en tiempo real, reducción de errores operacionales y fortalecimiento de la trazabilidad (Cadena de Valor).

7.5 Plan de implementación

El plan de implementación propuesto considera una ejecución gradual, estructurada en tres fases, con el objetivo de minimizar los riesgos asociados a la transformación digital y asegurar una adecuada adopción de las tecnologías propuestas. La secuencia prioriza, en una primera fase, la preparación de la infraestructura y de los datos; posteriormente, la digitalización de los procesos críticos de abastecimiento; y finalmente, la incorporación de tecnologías avanzadas orientadas a la automatización y analítica predictiva.

Tecnología	Fase 1 Corto plazo (0 – 12 meses)	Fase 2 Mediano plazo (12 – 36 meses)	Fase 3 Largo plazo (36 – 60 meses)
Conectividad			
Licitaciones			
SAP EWM			
RFID			
RPA			
IA			
IoT			
Blockchain			

Fase 1: Habilitación Digital (0 – 12 meses)

Generar las condiciones organizacionales, tecnológicas y de información necesarias para la implementación de las soluciones digitales del proceso de abastecimiento

Principales actividades:

- Levantamiento y mejora de conectividad en bodegas y patios.
- Depuración y estandarización del maestro de materiales y ubicaciones.
- Planificación y diseño de implementación SAP EWM.

- Capacitación inicial de usuarios clave.
- Implementación de herramientas de e-Sourcing para compras.

Resultados esperados:

- Mejora en la calidad de los datos.
- Mayor trazabilidad de procesos de gestión de bodega, compras e inventario.
- Preparación tecnológica para fases siguientes.

Fase 2: Digitalización e Integración del Abastecimiento (12 – 36 meses)

Implementar e integrar las principales tecnologías para digitalizar la gestión de inventarios, bodegas y logística.

Principales actividades:

- Implementación de SAP Extended Warehouse Management (EWM).
- Incorporación de tecnología RFID para trazabilidad de materiales.
- Integración de dispositivos móviles y captura de datos en tiempo real.

Resultados esperados:

- Inventarios en tiempo real.
- Disminución de errores operacionales.
- Reducción de tiempos de ciclo en procesos logísticos.
- Mayor seguridad para los trabajadores al reducir tareas manuales.

Fase 3: Optimización Inteligente del Abastecimiento (36 – 60 meses)

Consolidar un modelo de abastecimiento inteligente mediante tecnologías de automatización, analítica avanzada y monitoreo en tiempo real.

Principales actividades:

- Automatización de procesos administrativos mediante RPA.
- Implementación de Inteligencia Artificial para optimización de inventarios.
- Modelos predictivos para demanda y gestión de reparables.
- Integración de IoT para monitoreo en tiempo real.
- Evaluación de tecnologías blockchain para trazabilidad avanzada.

Resultados esperados:

- Optimización del capital de trabajo.
- Mejor planificación de abastecimiento.
- Incremento de la eficiencia operacional.
- Fortalecimiento de los objetivos de sostenibilidad y trazabilidad.

7.6 Evaluación Económica de la Fase 1 de la Propuesta: Habilitación Digital

Con el propósito de evaluar la factibilidad económica de la propuesta, se realizó una estimación referencial de las inversiones requeridas y de los beneficios esperados asociados a la implementación de las principales iniciativas tecnológicas planteadas para el proceso de abastecimiento de Compañía Minera Caserones. La evaluación considera la incorporación de SAP Extended Warehouse Management (EWM), infraestructura tecnológica, dispositivos móviles para captura de datos, mejoras de conectividad y actividades de gestión del cambio necesarias para apoyar la transformación digital.

Dado que los costos definitivos de licenciamiento, implementación y servicios especializados dependen del alcance funcional, del modelo de contratación y de las negociaciones comerciales con SAP y el equipo de implementación, la presente evaluación se desarrolla sobre la base de supuestos y valores referenciales obtenidos a partir de antecedentes de la industria minera y de proyectos similares de transformación digital.

7.6.1 Inversión Inicial Estimada

Concepto	Inversión estimada (USD)
Licencias SAP EWM	1.400.000
Consultoría SAP - Preparación	150.000
Consultoría SAP - Implementación	350.000
Infraestructura y conectividad	135.000
Tecnología y equipos lectores barras y equipo de terreno	70.000
Capacitación y gestión del cambio	150.000
TOTAL INVERSIÓN ESTIMADA	2.255.000

7.6.2 Beneficios Cuantificables

Con el objetivo de determinar la conveniencia económica de la implementación de SAP Extended Warehouse Management (EWM) y las iniciativas de habilitación digital asociadas, se realizó una evaluación financiera considerando los beneficios directos esperados para el área de abastecimiento de Compañía Minera Caserones.

La evaluación considera un horizonte de análisis de cinco años y una tasa de descuento del 10%, valor utilizado habitualmente en proyectos de inversión del sector minero para representar el costo de oportunidad del capital y el riesgo asociado a iniciativas tecnológicas.

7.6.3 Optimización de Inventarios

Minera Caserones administra aproximadamente US\$85 millones en inventario de materiales y repuestos. La implementación de SAP EWM permitiría mejorar la visibilidad y control de inventarios, reduciendo duplicidades, obsolescencia y niveles de stock de seguridad.

Se estima una reducción del 2% del inventario total:
 $\text{US\$85.000.000} \times 2\% = \text{US\$1.700.000}$

Este monto corresponde a una liberación de capital de trabajo por única vez, derivada de la disminución del inventario inmovilizado

7.6.4 Beneficios Operacionales Permanentes

La automatización de procesos y la mejora en la visibilidad de inventarios generan beneficios permanentes asociados a productividad, reducción de errores y optimización de recursos.

Concepto	Beneficio anual (USD)
Reducción tiempo en inventarios físicos	120.000
Reducción de errores y reprocesos	80.000
Optimización de recursos operacionales	100.000
Menor obsolescencia y pérdidas	50.000
TOTAL ANUAL	350.000

7.6.5 Flujo de Caja Proyectado

US\$1.700.000 corresponde a optimización de inventario.

US\$350.000 corresponde a beneficios recurrentes anuales.

Año	Flujo Neto USD
0	-2.255.000
1	2.050.000
2	350.000
3	350.000
4	350.000
5	350.000

7.6.6 Valor Actual Neto (VAN)

Aplicando una tasa de descuento del 10%, el valor actual de los beneficios futuros asciende a:

Año	Flujo	Factor de descuento	Valor Presente
1	2.050.000	0,9091	1.863.636
2	350.000	0,8264	289.256
3	350.000	0,7513	262.955
4	350.000	0,683	239.067
5	350.000	0,6209	217.333

Suma de Valor Presente: US\$2.872.247

VAN = US\$617.247

7.6.7 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno obtenida para el proyecto es aproximadamente:

TIR = 26,57%

Este valor es superior a la tasa de descuento utilizada (10%), lo que demuestra que la inversión es financieramente atractiva y genera retornos sobre el capital invertido.

7.6.8 Período de Recuperación (Payback)

La inversión se recupera durante el segundo año de operación.

Payback $\approx$ 1,6 años

Año	Flujo Acumulado
0	-2.255.000
1	-205.000
2	145.000
3	495.000
4	845.000
5	1.195.000

8. Conclusión

Los resultados obtenidos en la evaluación económica permiten concluir que la implementación de SAP Extended Warehouse Management (EWM), como iniciativa inicial de la transformación digital del abastecimiento en Compañía Minera Caserones, constituye una inversión financieramente viable y estratégicamente conveniente. La evaluación realizada evidencia un Valor Actual Neto (VAN) positivo de US\$617.230, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 26,6% y un período de recuperación de la inversión (Payback) de aproximadamente 1,6 años, indicadores que demuestran la capacidad del proyecto para generar valor económico para la organización.

Adicionalmente, los beneficios esperados no se limitan únicamente a la rentabilidad financiera, sino que incluyen mejoras significativas en la trazabilidad de materiales, exactitud de inventarios, reducción de errores operacionales, fortalecimiento de la seguridad de los trabajadores y una mayor disponibilidad de información para la toma de decisiones.

Considerando los resultados favorables obtenidos en esta primera fase, se recomienda avanzar progresivamente con las siguientes iniciativas tecnológicas contempladas en el presente estudio, particularmente aquellas asociadas a RFID, Internet de las Cosas (IoT), Automatización Robótica de Procesos (RPA), Inteligencia Artificial (IA) y Blockchain. Estas tecnologías permitirán ampliar los beneficios alcanzados con SAP EWM, evolucionando desde una gestión operacional del abastecimiento hacia un modelo integrado, inteligente y basado en datos.

En consecuencia, la implementación de SAP EWM debe ser entendida como el punto de partida de una estrategia de transformación digital de largo plazo para el área de abastecimiento. El éxito esperado de esta primera fase proporciona fundamentos técnicos, operacionales y económicos suficientes para justificar la continuidad de las inversiones propuestas, consolidando una cadena de suministro más eficiente, sostenible, segura y alineada con las mejores prácticas de la industria minera nacional e internacional.

9. Bibliografía

- Política Abastecimiento (2021) – Minera Caserones.
- Manual de Gestión de Bodega – Minera Caserones.
- Procedimiento de gestión de inventario – Minera Caserones.
- Manual de Contratación de Servicios – Minera Caserones.
- Procedimiento de Obsolescencia Inventario – Minera Caserones.
- Procedimiento de Compras – Minera Caserones.
- Registro, Precalificación & Monitoreo de proveedores – Minera Caserones.
- Encare: Benchmarking Supply Chain 2023 – Comité de Abastecimiento Responsable (CAR)
- Blockchain y su aplicación a la cadena de suministro – Comité de Abastecimiento Responsable (CAR)
- XXVIII Encuentro de Abastecimiento Minero 2024 – Comité de Abastecimiento Responsable (CAR)
 - ❖ Gestión de categorías para el impulso de la competitividad en minería – McKinsey & Company.
 - ❖ Sistema único de acreditación y control laboral – CODELCO
 - ❖ Administración de Contratos y Competitividad en la Minería – Tripontis
 - ❖ Desarrollo de Proveedores LATAM – Glencore
 - ❖ Circularidad, Gestión de Residuos y Ley REP – BHP
 - ❖ Circularidad (ESG), Gestión de Residuos, Ley eficiencia energética y proveedores locales – Collahuasi.
 - ❖ Diversidad e Inclusión desde la cadena de valor – Anglo American
 - ❖ Automatización en bodega-inventario: Caso de tecnología disruptiva que beneficia al negocio – Sierra Gorda
 - ❖ Optimización de Inventarios: Desafíos y Oportunidades – CMP
 - ❖ Logística y Transporte – CODELCO
- XXVIII Encuentro de Abastecimiento Minero 2025 – Comité de Abastecimiento Responsable (CAR)
- Deloitte. (2023). Tracking the trends 2023: Mining and metals.
- McKinsey & Company. (2022). Digital transformation in mining.

10. Anexos

Anexo A

Comparativa WM → EWM

Escenario de Negocio	SAP ECC WM	SAP EWM
Logística de Entrada (Recepción y Putaway)		
Recepción desde Orden de Compra (PO)	✓	✓
Recepción desde Orden de Producción	✓	✓
Recepción desde STO	✓	✓
Estrategias de Putaway	✗	✓
Cross-Docking (directo a salida)	✓	✓
Devoluciones Clientes / Proveedores	✓	✓
Logística de Salida (Picking y Goods Issue)		
Picking de Órdenes de Venta	✓	✓
Salida por STO	✓	✓
Wave / Group Picking	✗	✓
Picking en dos pasos	✓	✓
Packing y Handling Units	✓	✓
Movimientos Internos y Stock		
Bin-to-Bin / Storage Type Transfer	✓	✓
Reabastecimiento	✓	✓
Inventario físico y conteo cíclico	✓	✓
Scrap y ajustes	✓	✓
Procesos Avanzados de Almacén		
RF avanzado	Basico	✓
Value Added Services (VAS)	✓	✓
Cartonización / Paletización	✓	✓
Integración y Automatización		
Integración con Yard Management - TM	✓	✓
Órdenes automáticas IDoc/EDI	✓	✓
Material Flow System (MFS)	✓	✓