

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

Proyecto de Mejora en la Gestión Productiva y Logística de una Planta de Chancado de Carbonato de calcio.

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniera Ejecución en
Gestión Industrial

Alumna:

Karla Díaz Oyaneder

Profesor Guía:

Cristian Pávez Barrios

2025



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: Proyecto de mejora en la gestión productiva y logística de una planta de chancado de carbonato de calcio.

Nombre del candidato(a): Karla Franchesca Díaz Oyaneder.

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en gestión industrial.

Campus: Viña del mar

Departamento: ELINF

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Cristian Pavez Barrios, 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 (marcar una opción)

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 (**marcar una opción**):

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: 12 de mayo de 2026

Firma: Cristian Pavez B.

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 12 de mayo de 2026

Firma: [Firma manuscrita]

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.

AGRADECIMIENTOS

Terminado este trabajo de título se cierra un largo ciclo Universitario, en el que me ha hecho crecer como profesional y como persona. Quiero agradecer a mi familia y pareja que me apoyó y acompañó en estos años de estudio, siempre me entregaron la confianza para llegar hasta este punto.

También quiero agradecer a la Empresa Servicios Para La Minería y Molienda Las Palmas S.A. por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de título respecto a su empresa, por entregarme la información necesaria para el desarrollo de este documento, y siempre encontrar buena disposición en el jefe de la empresa Don David Díaz.

Finalmente quiero agradecer a los profesores por todos los conocimientos que me entregaron estos años, especialmente a mi profesor guía Cristian Pávez, quien ha sido mi pilar fundamental en este trabajo. Él me ha enseñado la importancia de aprender y siempre tener la disposición de enseñarme respecto a las dudas que tenga, el ser un profesional íntegro y estar preparado para los desafíos.

RESUMEN

KEYWORDS: EVALUACIÓN – GESTIÓN - RENTABILIDAD

El presente trabajo de título tiene como objetivo realizar una evaluación económica de la planta de chancado de carbonato de calcio "Servicios para la minería y molienda Las Palmas S.A.", con el fin de identificar oportunidades de mejora que permitan optimizar los costos y aumentar la rentabilidad del negocio.

Para ello, se levantará información real de la operación, considerando los procesos de chancado, ensacado y transporte, así como los costos fijos y variables asociados. Con esta información se calculará el costo unitario por tonelada producida y transportada, lo que permitirá conocer con mayor precisión el margen de ganancia actual. Posteriormente, se identificarán ineficiencias en la gestión productiva y logística, proponiendo alternativas de mejora orientadas a reducir gastos y mejorar la eficiencia operativa. Finalmente, dichas propuestas serán evaluadas financieramente mediante indicadores como VAN, TIR y Payback, con el fin de determinar su viabilidad y priorización.

De esta manera, el trabajo entregará a la empresa una herramienta de gestión que facilitará la toma de decisiones estratégicas, asegurando una operación más eficiente y competitiva en el mercado.

ÍNDICE

Contenido

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
SIGLA Y SIMBOLOGÍA.....	9
INTRODUCCIÓN	10
PROBLEMÁTICA.....	11
OBJETIVOS.....	12
OBJETIVO PRINCIPAL.....	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA PLANTA DE CHANCADO	13
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CHANCADO	14
1.1.1. Datos generales y Ubicación.....	14
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	15
1.2.1. Flow sheet de la planta.....	15
1.2.2. Descripción de los equipos principales y su función.....	16
Chancador primario.....	16
Chancador secundario.....	16
Chancador terciario	17
Harnero.....	18
Elevador de capacho	18
Transporte.....	19
1.3. Situación actual de la planta.....	20
1.3.1. Infraestructura existente.....	20
1.3.2. Personal y turno de trabajo	20
1.4. Justificación del problema	21
CAPÍTULO II: FORMULACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
2.1. Planteamiento del problema	23
2.2. Formulación del problema general.....	23

2.3. Justificación técnica y económica.....	25
2.4. Observaciones	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA	27
.....
3.1. Diseño Metodológico.....	28
3.2. Alcance del Estudio.....	28
3.3. Limitaciones del Estudio	28
3.4. Supuestos utilizados.....	29
3.5. Fuentes de Información	29
3.6. Cálculo de Costos y Eficiencia Económica	29
3.6.1. Costos fijos	29
3.6.2. Costos variables.....	30
3.6.3. Costo unitario por tonelada.....	30
3.7. Herramientas de Evaluación Financiera	31
3.7.1. Valor Actual Neto (VAN)	31
3.7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	31
3.7.3. Período de Recuperación (Payback)	31
3.8. Criterios de Selección de Alternativas.....	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO	32
4.1. Caracterización Operacional de la Planta.....	33
4.2. Diagnóstico de Costos Actuales.....	33
4.3. Evaluación de la Eficiencia Operativa	34
4.4. Análisis Estratégico: Modelo de las 5 Fuerzas de Porter.....	34
4.5. Análisis FODA del Proceso Actual.....	35
4.6. Diagnóstico Económico	36
4.7. Observaciones del Diagnóstico.....	36
CAPÍTULO V: PROPUESTAS DE MEJORA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA	37
5.1. Enfoque del Capítulo	38
5.2. Propuestas de Mejora Técnica y de Gestión.....	38
5.2.1. Implementación de Mantenimiento Preventivo Estructurado	38
5.2.2. Optimización del Proceso de Ensacado	38
5.2.3. Gestión de Combustible y Reducción de Consumos	38
5.2.4. Optimización Logística y de Transporte	39
5.2.5. Estandarización de Indicadores de Control (KPIs).....	39

5.2.6. Desarrollo de Línea de Valor Agregado (Opcional)	40
5.3. Evaluación Económica de las Alternativas.....	40
5.3.1. Impacto de aumentar producción a 1.000 ton/mes	40
5.3.2. Evaluación de mantenimiento preventivo	40
5.3.3. Evaluación de mejoras en ensacado.....	41
5.3.4. Evaluación de optimización logística	41
5.3.5. Resumen del impacto económico.....	42
5.4. Selección y Priorización de Propuestas	42
5.5. Punto de Equilibrio.....	43
5.5.1. Punto de equilibrio actual.....	43
5.5.2. Punto de Equilibrio Proyectado (1.000 ton/mes)	43
5.6. Utilidad Operacional	43
5.6.1. Escenario Actual 800 ton/mes.....	43
5.6.2. Escenario Proyectado 1.000 ton/mes.....	44
5.7 Flujo de caja.....	44
5.7.1. Calculo Capital de trabajo	44
5.7.2. Calculo TMAR.....	45
5.7.3. Calculo depreciación.....	46
5.7.4. Tabla Flujo de Caja	47
5.7.5. Interpretación general del flujo de caja.....	49
5.7.6 Flujo de caja financiado	50
5.8. Análisis de sensibilidad	51
5.9. Beneficios Esperados para la Empresa.....	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación geográfica de la planta	14
Figura 1-2: Flow sheet de la planta.....	15
Figura 1-3: Chancador primario de mandíbula	16
Figura 1-4: Chancador secundario de mandíbula	17
Figura 1-5: Chancador terciario de cono	17
Figura 1-6: Harnero vibratorio	18
Figura 1-7: Elevador de capacho	19
Figura 1-8: Transporte en bateas.....	19
Figura 1-9: Transporte en rampla	19
Figura 1-10: Maquinaria 1	21
Figura 1-11: Maquinaria 2	21
Figura 4-1: FODA.....	35
Figura 5-1: Valores para flujo de caja	47
Figura 5-2: Flujo de caja.....	48
Figura 5-3: Indicadores flujo de caja.....	48
Figura 5-4: Análisis de sensibilidad.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Costos fijos	29
Tabla 3-2: Costos variables	30
Tabla 4-1: Costos por tonelada	33
Tabla 5-1: Resumen impacto económico	42

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

VAN: Valor Actual Neto.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

Payback: Período de recuperación de la inversión.

UTM: Universal Transversal de Mercator (sistema de coordenadas geográficas mencionado en la ubicación).

m.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar.

KPI: Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators).

CEP: Control Estadístico de Procesos.

MC: Margen de Contribución.

PE: Punto de Equilibrio.

FODA: Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

INTRODUCCIÓN

La industria minera no metálica juega un rol fundamental en el desarrollo económico del país, especialmente en la provisión de insumos para diversos sectores productivos. Dentro de esta industria, el carbonato de calcio posee múltiples aplicaciones en rubros como construcción, agricultura, plásticos y pinturas.

La empresa en estudio corresponde a una planta de chancado "Servicios para la minería y molienda Las Palmas S.A." de carbonato de calcio de carácter familiar, ubicada en la Región de Valparaíso. La operación contempla la extracción del material en mina, su procesamiento en chancadores primario, secundario y terciario, para luego ser ensacado en maxi sacos y transportado a clientes en la Región Metropolitana. Actualmente, la planta cuenta con 9 trabajadores distribuidos entre choferes, perforistas, ayudantes y jefe de planta.

Si bien la empresa mantiene continuidad operacional, no existe un sistema formal que permita evaluar integralmente los costos de producción y logística. Esto limita la capacidad de tomar decisiones estratégicas para aumentar la rentabilidad y asegurar la sostenibilidad en un mercado competitivo.

PROBLEMÁTICA

La planta de chancado "Servicios para la minería y molienda Las Palmas S.A." no cuenta con una evaluación económica detallada de sus procesos productivos y logísticos, lo que dificulta identificar oportunidades de mejora y controlar de manera eficiente los costos. Se desconoce el costo unitario real de producción por tonelada de carbonato de calcio, así como el impacto económico de las actividades de transporte y ensacado.

Lo anterior impide determinar la rentabilidad actual del negocio y limita la posibilidad de implementar mejoras que optimicen los recursos y aumenten la competitividad

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

Realizar una evaluación técnica económica de los procesos productivos y logísticos de la planta de chancado de carbonato de calcio, con el fin de identificar oportunidades de mejora que permitan optimizar los costos y aumentar la rentabilidad de la operación.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir el proceso de chancado de la planta y sus equipos.
2. Clasificar los costos asociados a la operación (fijos, variables, directos e indirectos).
3. Determinar los costos unitarios por tonelada de carbonato de calcio producido y transportado.
4. Proponer alternativas de mejora orientadas a reducir costos o aumentar productividad.
5. Evaluar financieramente las alternativas propuestas mediante indicadores como VAN, TIR y período de recuperación (payback).

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA PLANTA DE CHANCADO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CHANCADO

1.1.1. Datos generales y Ubicación

La planta de chancado "Servicios para la minería y moliendo Las Palmas S.A." se encuentra ubicada en el sector las palmas en la localidad rural las palmas, cuyas coordenadas DEL HUZO 19 PASAD UTM, NORTE: 6.437.285; ESTE: 296.569 Y UNA COTA 874 m.s.n.m.

La planta se encuentra ubicada a 25 km NOR-WESTE de la localidad de Pedegua, esta ubicación corresponde a la comuna de Petorca, Provincia de Petorca, Región de Valparaíso.

Tal como se muestra en la imagen, la planta tiene como objetivo principal procesar a través de la etapa de chancado, la producción de minerales de carbonatos de calcio, proveniente de yacimientos cercanos a esta, donde permitirá darle un valor agregado al material que se recibe y procesa, ya que no solo se trata de la producción y venta de un material chancado, sino ofrecer un producto mucho más elaborado con tamaños denominados granos y polvo.

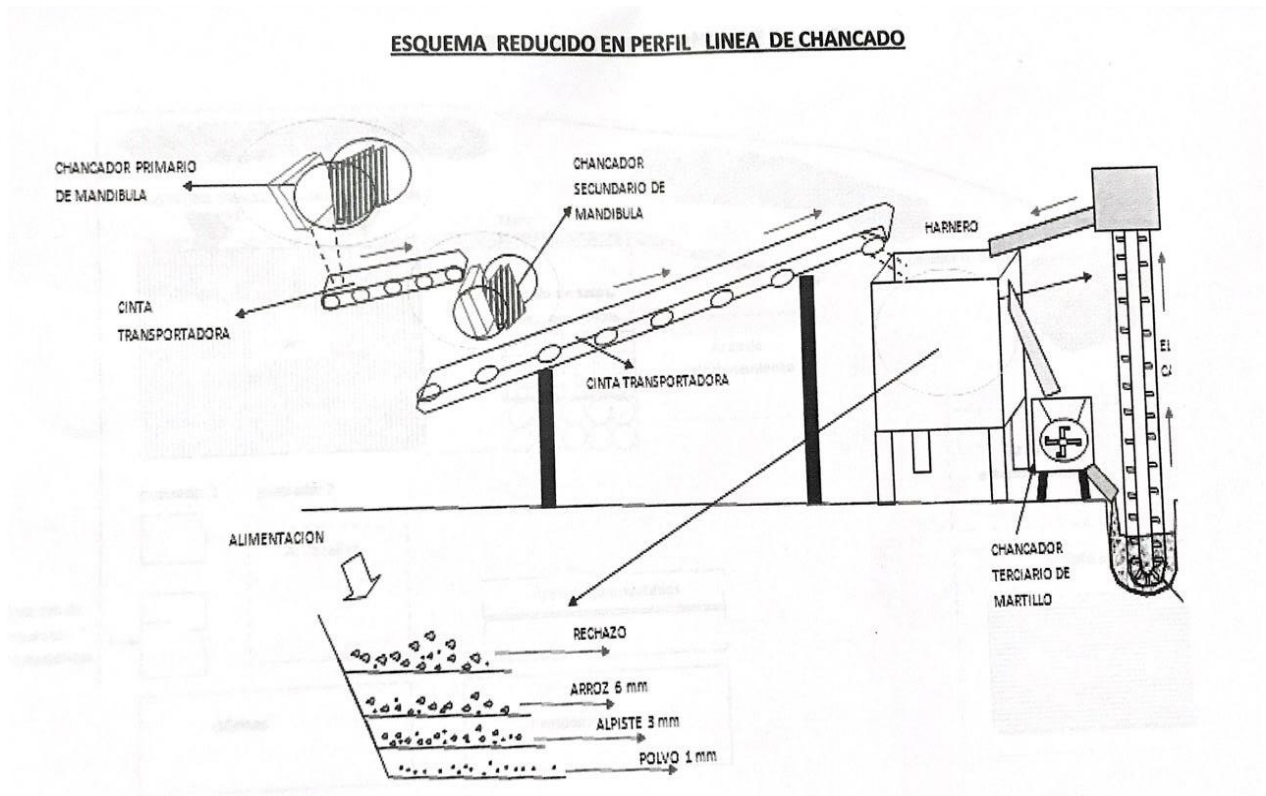


Fuente: Google Maps

Figura 1-1: Ubicación geográfica de la planta

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

1.2.1. Flow sheet de la planta



Fuente: Informe proyecto planta

Figura 1-2: Flow sheet de la planta

En la figura se representa un circuito, donde el material proveniente de la mina es depositado en canchas de acopio. El material que llega de la mina es seleccionado por el personal indicado, quienes reducen las colpas mediante mazos o combos dejando minerales separados.

El material es llevado hacia el chancador primario de mandíbula, donde aquí se inicia la primera etapa, este chancador entrega un producto que es depositado sobre una correa transportadora que alimenta al segundo chancador, la descarga del chancador secundario cae a una correa transportadora que eleva la carga al harnero vibratorio que selecciona el material para los distintos productos. El sobre tamaño del harnero pasa al chancador terciario donde el material se reduce de tamaño y vuelve a subir nuevamente al harnero a través del elevador de capacho para ser seleccionado en sus diferentes tamaños.

1.2.2. Descripción de los equipos principales y su función

Chancador primario

El equipo utilizado en esta primera etapa de reducción de tamaño de mineral se trata de un chancador de mandíbula, de componente robusto en acero de alta calidad, combinado con estructuras modulares, es un chancador que tiene las ventajas de una estructura simple, fuerte, trabajo confiable, alta relación de aplastamiento, producción relativamente baja y costos de construcción.



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-3: Chancador primario de mandíbula

Chancador secundario

En esta segunda etapa de reducción de tamaño del mineral, al igual que en la primera se utiliza un chancador de mandíbula secundario como se muestra en la figura, con el mismo principio de trabajo del chancador primario, solo tiene menores dimensiones.



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-4: Chancador secundario de mandíbula

Chancador terciario

En la etapa terciara del proceso se utiliza un chancador de cono, tal como se muestra en la figura, es clave en la reducción del material ya que después de esta etapa de selecciona el material.



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-5: Chancador terciario de cono

Harnero

Para la etapa de clasificación del mineral se utiliza un harnero vibratorio representado en la imagen, de 3 mallas seleccionadoras, donde la primera es encargada de seleccionar el material llamado arroz la que tiene un tamaño de 6mm, la segunda selecciona el material llamado alpiste de 3mm y la última malla es la encargada de recibir y seleccionar el material llamado polvo de 1 mm y menor.



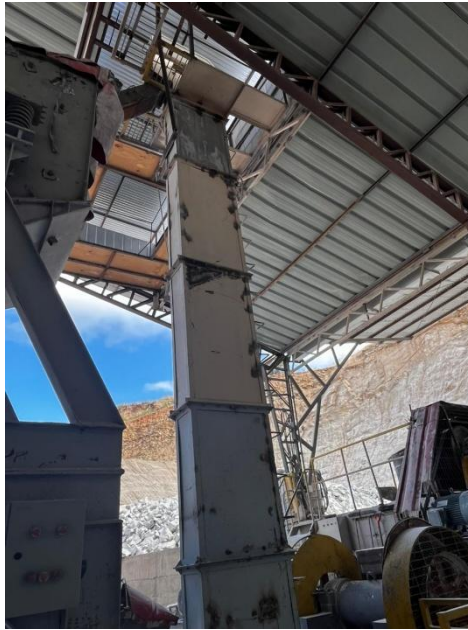
Fuente: Imagen de autor

Figura 1-6: Harnero vibratorio

Elevador de capacho

Los Elevadores de capacho son equipos diseñados para trabajar en forma vertical, estos equipos reciben la alimentación del producto en su pie, ubicado en su parte inferior, luego eleva y descarga por la parte superior. Donde este es el encargado de llevar el material desde el chancador terciario hacia el harnero para ser seleccionado como en la imagen.

El producto elevado es descargado y canalizado a distintos puntos a través de ductos, en los cuales, aprovechando la fuerza de gravedad, es descargado a distintos puntos.



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-7: Elevador de capacho

Transporte

El transporte de material se realiza en ramplas o bateas, se realiza en bateas cuando se transporta el material en colpas y se realiza en ramplas cuando el material es transportado en maxi sacos.



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-9: Transporte en rampla



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-8: Transporte en bateas

1.3. Situación actual de la planta

1.3.1. Infraestructura existente

Cuenta con una línea de chancado compuesta por:

- 1 chancador primario de mandíbula.
- 1 chancador secundario de mandíbula.
- 1 chancador terciario de cono.
- 1 harnero vibratorio.
- 1 elevador de capacho.
- También existe un área de taller, campamento, oficina, bodegas y área de combustible.

1.3.2. Personal y turno de trabajo

Dotación del personal

La dotación del personal será de 9 personas que cumplen lo siguiente:

- 2 personas encargadas de la descarga del producto
- 2 seleccionadores de mineral
- 2 encargado de alimentar el chancador
- 2 operadores de minicargador
- 1 jefe de planta

Horarios de trabajo

- Días de trabajo al mes: 20
- Sistema de turno: lunes a viernes
- Turnos por día: 1
- Horario diurno: 8:00 a 18:00 (1 hora de colación)



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-11: Maquinaria 2



Fuente: Imagen de autor

Figura 1-10: Maquinaria 1

1.4. Justificación del problema

Actualmente, la planta de chancado "Servicios para la Minería y Moliendo Las Palmas S.A." presenta una importante carencia en cuanto a la evaluación técnica y económica de sus procesos productivos y logísticos. Esta ausencia de información detallada impide conocer con precisión los costos reales asociados a la operación, así como el margen de ganancia por tonelada de producto final. Esta situación limita la toma de decisiones estratégicas, ya que no se pueden identificar con claridad las oportunidades de ahorro ni las áreas donde se podría mejorar la eficiencia.

El propósito de este proyecto radica en la necesidad de analizar en profundidad la estructura de costos de la planta, diferenciando entre costos fijos y variables, además de distinguir los costos directos e indirectos en los procesos de chancado, ensacado y transporte. Con esta información será posible calcular el costo unitario por tonelada producida y transportada, lo que permitirá determinar la rentabilidad real de la operación.

Asimismo, se propone aplicar herramientas de evaluación financiera como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación (Payback), con el fin de evaluar distintas alternativas de mejora. Estas herramientas permitirán identificar oportunidades para reducir costos, optimizar el uso de recursos y, en consecuencia, aumentar la competitividad de la empresa.

En definitiva, este trabajo no solo busca entregar una visión económica clara del estado actual de la planta, sino también proponer soluciones concretas y viables que contribuyan a fortalecer su gestión industrial y apoyar la toma de decisiones estratégicas a futuro.

CAPÍTULO II: FORMULACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

La empresa Servicios para la Minería y Moliendo Las Palmas S.A. es una planta dedicada al procesamiento de carbonato de calcio, ubicada en la comuna de Petorca, Región de Valparaíso. Su función principal es recibir el material extraído desde los yacimientos cercanos, someterlo a las etapas de chancado primario, secundario y terciario, y finalmente despacharlo en sacos o maxi sacos hacia distintos destinos, principalmente Santiago.

A pesar de contar con una estructura operativa establecida, la empresa enfrenta actualmente dificultades para contar con información técnica y económica detallada que permita evaluar de manera objetiva su desempeño productivo y financiero. No se dispone de registros sistematizados que midan la eficiencia de los equipos, el rendimiento del personal, los tiempos de proceso ni el comportamiento global de la línea de chancado.

Esta carencia de datos impide identificar con claridad las áreas críticas que afectan la productividad y limita la posibilidad de realizar mejoras sustentadas en evidencia cuantitativa. Además, la ausencia de indicadores de gestión dificulta la planificación de recursos, el control de operaciones y la toma de decisiones estratégicas, lo cual podría afectar la competitividad de la empresa frente a otras plantas de procesamiento de minerales no metálicos.

El desafío, por tanto, radica en desarrollar un análisis técnico-económico que permita disponer de información precisa sobre la eficiencia de los procesos y el desempeño global de la planta, con el objetivo de optimizar recursos, reducir pérdidas operacionales y mejorar los márgenes de rentabilidad.

2.2. Formulación del problema general

Actualmente, la empresa desconoce con precisión:

- El costo real por tonelada procesada y transportada.
- La eficiencia económica de cada etapa del proceso (chancado, selección, ensacado, transporte).
- Los verdaderos márgenes de ganancia obtenidos por la operación.

Esto limita la capacidad de gestión, impide planificar mejoras y afecta la competitividad frente a otras plantas de procesamiento mineral.

Para poder formular el problema se responderán las siguientes preguntas:

¿Qué tan eficientes son actualmente los procesos de chancado, ensacado y transporte?

Actualmente, los procesos operativos presentan un nivel de eficiencia moderado, ya que la producción mensual promedio alcanza las 600 toneladas, lo que refleja una capacidad de trabajo constante, pero con oportunidades de mejora en el flujo operativo. Las principales ineficiencias se asocian a tiempos muertos durante los cambios de turno, fallas menores en equipos y falta de control sobre el rendimiento energético y la utilización del personal. La ausencia de indicadores de desempeño impide medir con exactitud la productividad por etapa del proceso, lo cual dificulta identificar dónde se concentran las pérdidas de eficiencia.

¿Cuáles son los principales factores que inciden en el desempeño operativo de la planta?

Entre los factores más relevantes destacan:

- La antigüedad y nivel de mantenimiento de los equipos de chancado.
- La coordinación y planificación de las actividades de carga, ensacado y despacho.
- La gestión del recurso humano y la distribución de funciones operativas.
- La falta de registro sistemático de datos técnicos y económicos.
- La ausencia de un sistema de control que permita evaluar los costos reales de producción y transporte.

Estos factores inciden directamente en la continuidad operacional, en los tiempos de ciclo del proceso y, por consiguiente, en los niveles de rentabilidad de la planta.

¿De qué manera una evaluación técnico-económica podría contribuir a mejorar la rentabilidad del negocio?

La aplicación de una evaluación técnico-económica permitiría identificar de manera precisa los puntos críticos del proceso y cuantificar su impacto en los costos de operación. A través del uso de indicadores financieros y de gestión, sería posible determinar la rentabilidad real del negocio, establecer metas de mejora y priorizar inversiones en áreas con mayor retorno.

Además, permitiría proyectar distintos escenarios operacionales y financieros, facilitando la toma de decisiones estratégicas orientadas a aumentar la productividad, reducir gastos innecesarios y optimizar el uso de los recursos disponibles.

¿Qué herramientas de gestión pueden implementarse para optimizar la operación?

Entre las herramientas aplicables se destacan:

- Indicadores de eficiencia y productividad (rendimiento por hora de operación y utilización de capacidad).
- Control estadístico de procesos (CEP) para monitorear variaciones en el chancado.
- Sistemas de mantenimiento preventivo y planificado, que reduzcan las detenciones no programadas.
- Análisis financiero mediante VAN, TIR y Payback, para evaluar la rentabilidad de las mejoras propuestas.
- Gestión de costos por proceso, para conocer con exactitud el valor agregado en cada etapa del flujo productivo.

La aplicación combinada de estas herramientas permitirá optimizar la operación desde un enfoque integral, abarcando tanto el desempeño técnico como el económico.

2.3. Justificación técnica y económica

Desde una perspectiva técnica, este estudio permitirá analizar la eficiencia de los procesos productivos de la planta, identificando posibles ineficiencias en el uso de energía, maquinaria y tiempo operativo. Al disponer de información detallada, será posible implementar estrategias de mejora como el mantenimiento preventivo, la estandarización de procedimientos, la optimización del flujo de material y la redistribución de funciones, con el objetivo de aumentar la productividad y disminuir las detenciones no programadas.

Desde el punto de vista económico, contar con un análisis integral permitirá determinar la rentabilidad real de la operación y diseñar estrategias que orienten la inversión hacia áreas que generen mayor valor agregado. La evaluación económica facilitará la toma de decisiones sobre asignación de recursos, reemplazo o mejora de equipos, y priorización de proyectos de inversión, aportando así a la sustentabilidad y competitividad de la empresa en el largo plazo.

Además, este estudio contribuirá al fortalecimiento de la gestión administrativa, al proporcionar herramientas cuantitativas para evaluar el impacto económico de las decisiones operativas y medir los resultados obtenidos a través de indicadores financieros y de productividad.

En términos académicos, su aporte se aplica a metodologías de análisis técnico y financiero en un contexto real de la industria minera no metálica, integrando los enfoques de eficiencia operacional y evaluación económica en un mismo proyecto.

2.4. Observaciones

El análisis realizado permite identificar que la planta de chancado cuenta con una estructura operativa funcional, pero presenta importantes brechas en el control técnico y económico de sus procesos. La falta de información sobre costos, productividad y eficiencia limita la toma de decisiones y afecta la rentabilidad del negocio.

Se determinó que factores como el estado de los equipos, la planificación operativa y la ausencia de indicadores de gestión influyen directamente en el desempeño de la planta. Por ello, se justifica la necesidad de una evaluación técnico-económica que permita conocer los costos reales por tonelada, medir la eficiencia de cada etapa y proyectar mejoras operacionales y financieras.

En conjunto, este estudio permitirá optimizar recursos, reducir pérdidas y fortalecer la competitividad de la empresa mediante propuestas de mejora basadas en datos objetivos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

3.1. Diseño Metodológico

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque descriptivo–aplicado, ya que se analiza la situación real de la planta de chancado “Servicios para la Minería y Moliendo Las Palmas S.A.” y se aplican herramientas técnicas y económicas para evaluar su desempeño y definir propuestas de mejora.

El diseño metodológico se basa en:

- Levantamiento de información real de la operación, incluyendo datos de producción, costos, tiempos de ciclo y recursos utilizados.
- Análisis técnico del proceso, considerando capacidades de los equipos, rendimientos, disponibilidad y eficiencia operativa.
- Evaluación económica del servicio, tanto en la situación actual como en escenarios proyectados.
- Aplicación de herramientas financieras para determinar la viabilidad de mejoras operacionales.

Este enfoque permite fundamentar de forma objetiva la situación de la planta y orientar la toma de decisiones hacia alternativas que aumenten la eficiencia y rentabilidad.

3.2. Alcance del Estudio

El análisis considera:

- Producción actual de 800 ton/mes.
- Producción proyectada a 1.000 ton/mes.
- Evaluación de costos operativos y de transporte.
- Cálculo del costo unitario.
- Evaluación financiera de mejoras operativas.

No se incluye análisis ambiental ni permisos regulatorios.

3.3. Limitaciones del Estudio

- Registros de operación incompletos en algunos periodos.
- Variabilidad en los costos asociados al transporte.
- Falta de sensores o mediciones automatizadas en ciertos equipos.

3.4. Supuestos utilizados

- Los costos por tonelada permanecen constantes durante la evaluación.
- Las condiciones del mercado no varían significativamente.
- Las horas de operación mensuales se mantienen dentro del rango histórico.

3.5. Fuentes de Información

Para desarrollar la evaluación técnica y económica se utilizaron las siguientes fuentes:

- Datos operacionales históricos de la planta: producción mensual, horas trabajadas, disponibilidad y mantenciones.
- Registros internos de costos, incluyendo combustible, insumos, mano de obra y repuestos.
- Costos de transporte.

3.6. Cálculo de Costos y Eficiencia Económica

Para evaluar el desempeño económico de la planta, se realizó un análisis detallado de sus costos operativos, estos son costos reales de la empresa.

3.6.1. Costos fijos

Incluyen los costos que no varían con el nivel de producción:

COSTOS FIJOS	
Sueldos (9 trabajadores)	\$ 4.761.000
Imposiciones	\$ 1.560.000
Impuesto	\$ 3.800.000
Petróleo	\$ 3.500.000
Transporte	\$ 9.500.000
Materia prima	\$ 5.000.000
Maxi sacos	\$ 2.100.000
Total	\$ 30.221.000
Total en UF	762

Fuente: Datos de la empresa

Tabla 3-1: Costos fijos

3.6.2. Costos variables

Dependientes del volumen procesado:

COSTOS VARIABLES	
Repuestos maquinaria	\$ 1.500.000
Neumáticos	\$ 1.000.000
Repuestos planta	\$ 1.000.000
Mantenimiento planta	\$ 1.000.000
Insumos maquinaria	\$ 1.000.000
Total	\$ 5.500.000
Total en UF	139

Fuente: Datos de la empresa

Tabla 3-2: Costos variables

Costos totales (fijos + variables): \$30.221.000 + \$5.500.000 = \$35.721.000 = 901 UF

3.6.3. Costo unitario por tonelada

Este indicador se utiliza para evaluar el desempeño económico actual.

La fórmula empleada es:

$$\text{Costo Unitario (CLP/t)} = \frac{\text{Costo Total Mensual}}{\text{Toneladas Producidas}}$$

El cálculo se realiza para:

- Producción actual (800 ton/mes)

$$\text{Costo Unitario (CLP/t)} = \frac{\$35.721.000}{800 \text{ ton}} = \$44.651 = 1,1 \text{ UF}$$

- Precio de venta por tonelada

Para el precio de venta por tonelada, se propone un 15% de utilidad respecto al costo por tonelada vendida, este porcentaje es utilizado por la empresa en sus ventas.

$$\text{Precio de venta} = \$44.651 * 1,15\% = \$51.350 = 1,3 \text{ UF}$$

Este análisis permite identificar brechas de eficiencia y oportunidades de mejora.

3.7. Herramientas de Evaluación Financiera

Para evaluar la viabilidad económica de las propuestas del siguiente capítulo, se utilizaron las siguientes herramientas financieras:

3.7.1. Valor Actual Neto (VAN)

Permite determinar si los flujos futuros generan valor para la empresa.

3.7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Identifica la rentabilidad del proyecto.

3.7.3. Período de Recuperación (Payback)

Indica cuántos años se necesitan para recuperar la inversión inicial.

Estas herramientas se aplican a las alternativas propuestas, con sus costos y beneficios proyectados.

3.8. Criterios de Selección de Alternativas

La selección de mejoras se basa en los siguientes criterios:

- Impacto en el costo unitario de producción
- Aumento de la capacidad operativa
- Reducción de pérdidas e ineficiencias
- Rentabilidad económica (VAN, TIR, Payback)
- Facilidad de implementación
- Nivel de inversión requerido
- Contribución a la continuidad y seguridad operacional

Estos criterios permiten elegir mejoras que no solo sean técnicamente viables, sino también económicamente convenientes para la empresa.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO

4.1. Caracterización Operacional de la Planta

La planta de chancado actualmente procesa 800 toneladas mensuales, equivalentes a aproximadamente 40 ton/día considerando 20 días al mes, ya que se trabaja de lunes a viernes. La operación se basa en un proceso continuo que incluye chancado primario, secundario, terciario, clasificación, acopio intermedio y ensacado final.

Los principales recursos operativos son:

- Equipos de chancado: Con capacidad instalada superior a la producción real, permitiendo ampliar la operación hasta 1.000 ton/mes sin necesidad de inversiones mayores.
- Personal distribuido en turnos rotativos: Con carga laboral consistente con el nivel de producción.
- Costos directos de combustible, mano de obra, insumos y transporte: donde se observan brechas de eficiencia.

El proceso tiene capacidad para crecer, pero el análisis evidencia que la operación actual no logra aprovechar completamente la infraestructura disponible.

4.2. Diagnóstico de Costos Actuales

El costo operativo se compone de:

- Costos fijos: mano de obra, administración, arriendo de maquinaria, mantenimiento base.
- Costos variables: energía eléctrica, insumos, sacos, repuestos, transporte del mineral.

Para 800 ton/mes, el costo unitario se estima así:

Concepto	Costo Mensual	Costo por tonelada
Costos fijos	\$30.221.000	\$37.776
Costos variables	\$5.500.000	\$6.875
Costo total por tonelada		\$44.651
Costo total por tonelada en UF		1,1

Fuente: Datos de la empresa

Tabla 4-1: Costos por tonelada

Como todos los clientes exigen entrega en sucursal, el precio de venta es de \$51.350 (1,3 UF) por tonelada, que incluye flete, carga y manipulación. Este precio esta propuesto por la empresa.

Comparación con la proyección 1.000 ton/mes, es un dato estratégico de la empresa.

Al aumentar a 1.000 ton/mes:

- Los costos fijos se diluyen, reduciendo el costo por tonelada.
- Los costos variables crecen proporcionalmente, manteniendo la eficiencia operativa.
- El costo total unitario disminuye, mejorando el margen bruto.

4.3. Evaluación de la Eficiencia Operativa

Los principales indicadores observados:

1. Subutilización de equipos: La capacidad instalada supera las 1.200 ton/mes, pero solo se producen 800 ton/mes.
2. Desbalances en el flujo del proceso: Tiempos muertos en ensacado y acopio debido a coordinación limitada.
3. Pérdidas por detenciones no programadas: Mantenimiento reactivo genera ineficiencias y gastos imprevistos.
4. Ausencia de indicadores productivos normalizados: No existe un sistema formal de control para medir productividad, horas efectivas, y fallas.

4.4. Análisis Estratégico: Modelo de las 5 Fuerzas de Porter

1. Rivalidad entre competidores (Alta)

- Competencia basada en precio por tonelada.
- Cliente final sensible al costo logístico.

2. Poder de negociación de proveedores (Medio-Alto)

- Energía eléctrica y transporte son costos críticos.
- Proveedores de sacos y repuestos están relativamente concentrados.

3. Poder de los clientes (Alto)

- Los clientes pueden cambiar fácilmente de proveedor.
- Exigen precios competitivos y cumplimiento de plazos.

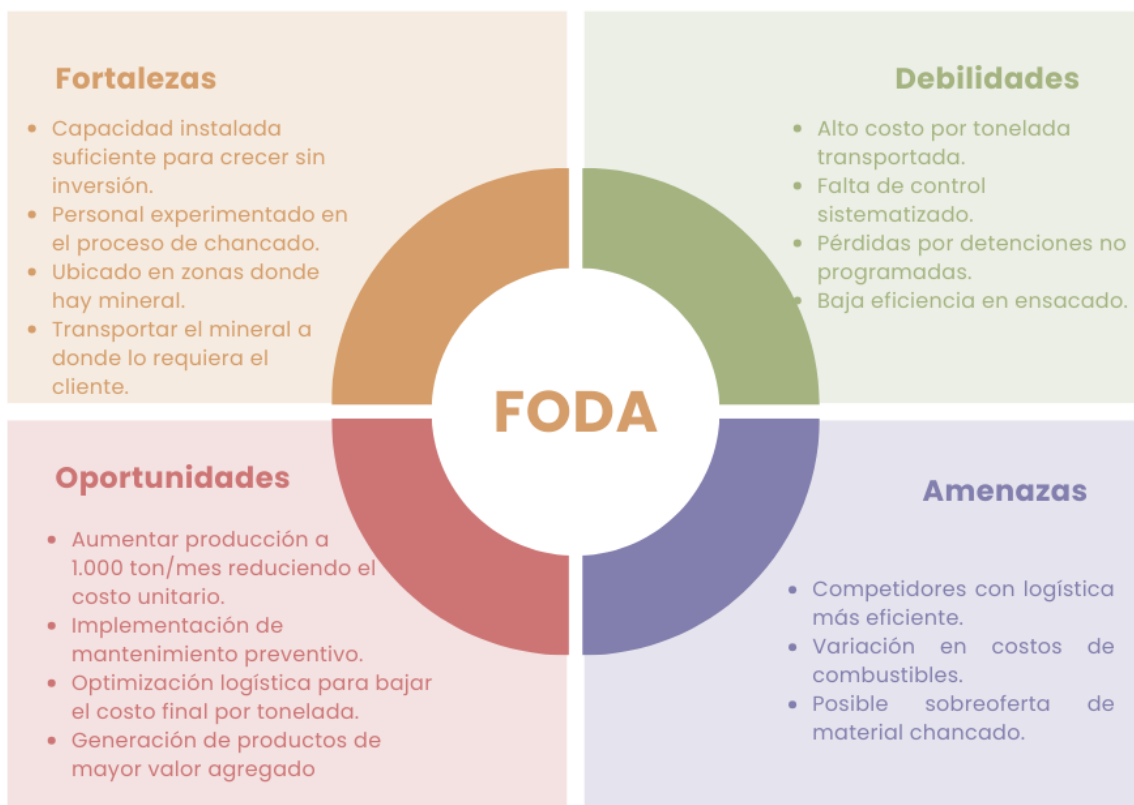
4. Amenaza de nuevos entrantes (Media)

- Requiere inversión en infraestructura.

5. Amenaza de productos sustitutos (Baja-Media)

- El material chancado tiene características específicas difíciles de reemplazar.
- Sin embargo, la demanda puede disminuir si se encarece el transporte.

4.5. Análisis FODA del Proceso Actual



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-1: FODA

4.6. Diagnóstico Económico

Costo actual (800 ton/mes):

- Costo total por tonelada: \$44.651 = 1,1 UF
- Precio de venta: \$51.350 = 1,3 UF
- El transporte determina en gran medida la competitividad comercial.

Liquidez del negocio:

- El margen es estrecho debido al costo logístico.
- La producción actual no maximiza la eficiencia del proceso.

Proyección a 1.000 ton/mes:

- El costo unitario baja por dilución de fijos.
- Aumenta el margen operativo.
- La operación se vuelve más competitiva frente a otros actores.

4.7. Observaciones del Diagnóstico

- La planta está subutilizada: con capacidad superior a 1.000 ton/mes, la producción actual de 800 ton/mes no se aprovecha la infraestructura.
- El costo por tonelada es alto debido al bajo volumen actual y al peso del transporte.
- Aumentar a 1.000 ton/mes permite reducir el costo unitario y mejorar el margen.
- Existen mejoras claras en logística, mantenimiento y control de producción que pueden incrementar la eficiencia.
- El análisis FODA y Porter confirma que la empresa opera en un mercado competitivo, donde la eficiencia operativa y logística es clave para sostener la rentabilidad.
- La planta tiene oportunidades reales de crecimiento sin necesidad de grandes inversiones.

CAPÍTULO V: PROPUESTAS DE MEJORA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1. Enfoque del Capítulo

Este capítulo presenta un conjunto de propuestas técnicas y de gestión orientadas a mejorar la eficiencia operacional de la planta, reducir el costo por tonelada y aumentar la rentabilidad del proceso, se proponen alternativas que permiten pasar de una producción actual de 800 ton/mes hacia una operación estable de 1.000 ton/mes, con menores costos unitarios y optimizar el costo total incluyendo transporte, dado que es obligatorio para todos los clientes que solicitan el material a sus sucursales.

5.2. Propuestas de Mejora Técnica y de Gestión

5.2.1. Implementación de Mantenimiento Preventivo Estructurado

Actualmente se opera con un esquema reactivo, lo que genera detenciones no programadas.

Mejora propuesta:

- Elaborar un plan mensual de mantenimiento preventivo para chancadores, correas y harnero.
- Registro sistemático de fallas y tiempos de reparación.

Beneficio esperado: disminución de fallas y aumento del tiempo efectivo de operación.

5.2.2. Optimización del Proceso de Ensacado

El ensacado es uno de los cuellos de botella actuales.

Mejoras:

- Estandarizar los tiempos de ciclo.
- Mejorar la coordinación entre ensacado y área de acopio.
- Evaluar incorporación de pequeña inversión en automatización.

Beneficio esperado: aumentar promedio diario y permitir el salto a 1.000 ton/mes sin estrés operativo.

5.2.3. Gestión de Combustible y Reducción de Consumos

El combustible es uno de los costos variables claves.

Alternativas:

- Ajustar horarios de operación.
- Mantener correas y poleas alineadas para reducir consumo.
- Ajustar parámetros de los motores.

Beneficio esperado: El beneficio esperado de reducción de consumo de combustible, estimado entre un 5% y un 10%, se justifica en la implementación de mejoras operacionales orientadas a la eficiencia energética, tales como la optimización de horarios de operación, la mantención adecuada de correas y poleas y el ajuste de parámetros de los motores. Estas medidas permiten disminuir pérdidas energéticas y consumos innecesarios sin requerir inversiones significativas, por lo que el rango definido se considera realista y alcanzable para un proceso industrial de las características del proyecto.

5.2.4. Optimización Logística y de Transporte

El costo de transporte es el principal factor que eleva el costo total a \$51.350 (1,3 UF) la tonelada.

Propuestas:

- Buscar viajes de retorno para que el transporte sea más económico.
- Evaluar rutas alternativas y cargas completas.
- Programación semanal fija para evitar viajes subutilizados.

Beneficio esperado: reducción del costo final por tonelada y aumento del margen.

5.2.5. Estandarización de Indicadores de Control (KPIs)

Actualmente no existe sistema formal de medición operacional.

KPIs sugeridos:

- Producción efectiva diaria.
- Disponibilidad mecánica y operacional.
- Costo por tonelada (con y sin transporte).
- Horas detención programadas vs. no programadas.

Beneficio esperado: mejor toma de decisiones, control de costos y planificación. Los KPIs propuestos se enfocan en producción, disponibilidad y costos, que son las variables más críticas de la planta. Al estandarizarlos, la empresa puede tomar decisiones basadas en datos y mejorar su eficiencia operacional y económica.

5.2.6. Desarrollo de Línea de Valor Agregado (Opcional)

A mediano plazo se puede incorporar:

- Nuevas granulometrías.
- Material seleccionado para clientes específicos.
- Ensacado con marca propia o certificación.

Beneficio esperado: aumento del precio de venta y diferenciación en un mercado competitivo.

5.3. Evaluación Económica de las Alternativas

La evaluación económica se realiza comparando la situación actual de operación, correspondiente a una producción promedio de 800 ton/mes, con un escenario proyectado de 1.000 ton/mes, alcanzable mediante la implementación gradual de mejoras operacionales y de gestión. Los valores propuestos se fundamentan en la capacidad instalada existente de la planta, la estructura de costos observada y la aplicación de medidas de eficiencia de bajo costo, sin requerir inversiones significativas en infraestructura.

5.3.1. Impacto de aumentar producción a 1.000 ton/mes

- Costos fijos se diluyen → disminuye costo por tonelada.
- Costos variables se mantienen proporcionales.
- Ahorro por mejor tarifa de transporte.
- Reducción del costo unitario total (incluido transporte).
- Aumento del margen bruto por tonelada vendida.

5.3.2. Evaluación de mantenimiento preventivo

Inversión requerida: baja (principalmente horas hombre).

Beneficio económico: reducción de fallas → mayor disponibilidad.

Estimación:

- 5% más horas de operación efectiva.
- Aumento de 40 ton/meses adicionales sin incrementar personal.

La inversión asociada a la implementación de un programa de mantenimiento preventivo es considerada baja, ya que se basa principalmente en una mejor planificación de las actividades existentes y en el uso de horas hombre internas, sin requerir adquisición de equipamiento adicional.

Se estima un incremento del 5% en las horas de operación efectiva, valor que se considera conservador y coherente con la reducción de detenciones no programadas producto de una mantención más sistemática. Este aumento en la disponibilidad operacional permite generar aproximadamente 40 toneladas mensuales adicionales, sin necesidad de incrementar la dotación de personal ni los costos fijos, lo que impacta positivamente en la eficiencia y en los resultados económicos de la operación.

5.3.3. Evaluación de mejoras en ensacado

Escenario esperado:

- Reducción de 10–15 minutos diarios en tiempos muertos.
- Incremento de 20–40 ton/mes en producción efectiva.

Las mejoras en el proceso de ensacado se orientan a reducir tiempos muertos asociados a ajustes operacionales, cambios de formato y coordinación del proceso. Se estima una reducción diaria de entre 10 y 15 minutos, lo cual corresponde a un ajuste razonable considerando la duración total de la jornada y la frecuencia de estas interrupciones.

La recuperación de este tiempo operativo permite incrementar la producción efectiva mensual en un rango estimado de 20 a 40 toneladas, sin modificar turnos ni incorporar recursos adicionales. Este aumento se explica por una utilización más eficiente del tiempo disponible y por la eliminación de ineficiencias menores, cuyo impacto acumulado resulta relevante a nivel mensual.

5.3.4. Evaluación de optimización logística

Dado que cada cliente necesita el material en su empresa, se negocia transporte por volumen (1.000 ton/mes):

- Posible reducción entre \$1.000 – \$2.000 por ton transportada.
- Ahorro mensual estimado: \$1.000.000 – \$2.000.000.

Dado que el material producido debe ser transportado directamente a las instalaciones de los clientes, el costo logístico representa una componente relevante del costo total por tonelada. Al consolidar un volumen de transporte cercano a 1.000 ton/mes, se generan economías de escala que permiten negociar mejores tarifas con los proveedores de transporte.

En este contexto, se estima una reducción de entre \$1.000 y \$2.000 por tonelada transportada, rango que se considera realista para contratos por mayor volumen y mayor

regularidad de despachos. Este ajuste se traduce en un ahorro mensual estimado entre \$1.000.000 y \$2.000.000, contribuyendo directamente a la reducción del costo unitario total y a la mejora del margen operacional del proyecto.

5.3.5. Resumen del impacto económico

Mejora	Inversión	Beneficio	Impacto aproximado
Mantenimiento preventivo	Bajo	+ Disponibilidad	+40 ton/mes
Ensayado eficiente	Bajo-medio	+ Velocidad	+20-40 ton/mes
Energía	Bajo	- Costo variable	-5-10% energía
Logística	Medio	- Costo transporte	-\$1.000-2.000/ton
Control de KPIs	Bajo	+ Gestión	Estabiliza la producción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-1: Resumen impacto económico

El conjunto de mejoras permite operar de forma estable en 1.000 ton/mes, reduciendo el costo unitario total y aumentando el margen operacional de manera sostenible.

5.4. Selección y Priorización de Propuestas

La priorización se define según:

1. Impacto económico inmediato
2. Baja inversión requerida
3. Rapidez de implementación

Priorización sugerida

1. Mantenimiento preventivo → impacto inmediato, costo mínimo.
2. Optimización del ensacado → permite llegar a 1.000 ton/mes.
3. Renegociación de transporte → mayor impacto económico en el costo final.
4. Sistema de KPIs y control → sostiene la mejora en el tiempo.
5. Línea de valor agregado → a mediano plazo.

5.5. Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio permite determinar cuántas toneladas mensuales deben venderse para cubrir los costos fijos de la operación.

Situación actual

- Costos fijos mensuales: \$30.221.000
- Precio de venta: \$51.350
- Costo variable por tonelada: \$6.875

Margen de contribución:

$$MC = \text{Precio de venta por tonelada} - \text{Costo variable por tonelada} = \$51.350 - \$6.875 = \$44.475$$

5.5.1. Punto de equilibrio actual

$$PE = \frac{\text{Costos fijos}}{MC} = \frac{30.221.000}{44.475} \approx 700 \text{ ton/mes}$$

Resultados:

La planta tiene una producción actual de 800 ton/mes, por lo tanto, tiene que vender 700 ton/mes para que la operación se encuentra bien en torno al punto de equilibrio, quedarían 100 ton de utilidad.

5.5.2. Punto de Equilibrio Proyectado (1.000 ton/mes)

$$PE = 700 \text{ ton}$$

Con la proyección de 1.000 ton/mes, se supera ampliamente el punto de equilibrio:

$$1.000 \text{ ton} - 700 \text{ ton} = 300 \text{ ton/mes}$$

Con una capacidad de 1.000 ton/mes, la empresa queda 300 ton sobre el Punto de equilibrio, esto reduce el riesgo y asegura estabilidad financiera, ya que, si se generan grandes gastos de en la empresa, esta será capaz de sustentarlos.

5.6. Utilidad Operacional

5.6.1. Escenario Actual 800 ton/mes

- Ingresos:

$$800 \text{ ton} \times \$51.350 = \$41.080.000$$

- Costos variables:

$$800 \text{ ton} \times \$6.875 = \$5.500.000$$

- Utilidad: Ingresos – Costos fijos – Costo variable

$$\$41.080.000 - \$30.221.000 - \$5.500.000 = \$5.359.000 = 135 \text{ UF}$$

Resultado: está prácticamente equilibrio ya que la empresa no está generando pérdidas, pero el margen es mínimo, si en caso en algún mes se genera un gran gasto en repuestos, maquinarias u otro elemento.

5.6.2. Escenario Proyectado 1.000 ton/mes

- Ingresos:

$$1.000 \text{ ton} \times \$51.350 = \$51.350.000$$

- Costos variables:

$$1.000 \text{ ton} \times \$6.875 = \$6.875.000$$

- Utilidad: Ingresos – Costos fijos – Costo variable

$$\$51.350.000 - \$30.221.000 - \$6.875.000 = \$14.254.000 = 359 \text{ UF}$$

Resultado: utilidad sólida y sostenida, ya que genera mayor utilidad para la empresa y bastante generosa también para los socios.

5.7 Flujo de caja

5.7.1. Calculo Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde a los recursos necesarios para financiar la operación normal del proyecto durante el período en que la empresa debe enfrentar sus costos operacionales antes de percibir los ingresos por ventas. Para su estimación se utilizó el método del ciclo de caja, considerando un desfase de un mes entre el pago de los costos operacionales y el cobro de las ventas, supuesto ampliamente utilizado en evaluaciones

económicas de proyectos productivos, el cálculo del capital de trabajo incorpora tanto los costos actuales como los costos adicionales asociados a dichas mejoras.

Costos operacionales

- Costos fijos mensuales: \$30.221.000
- Costos variables mensuales: \$5.500.000
- Costos adicionales por mejoras operacionales: \$1.000.000

Total costos operacionales

$$30.221.000 + 5.500.000 + 1.000.000 = 36.721.000 = 926 \text{ UF}$$

Bajo el supuesto de un ciclo de caja mensual, el capital de trabajo requerido corresponde a un mes de costos operacionales del escenario proyectado, equivalente a \$36.721.000 o 926 UF. Este monto se incorpora como inversión inicial en el año 0 del flujo de caja y se recupera íntegramente al término del horizonte de evaluación del proyecto.

5.7.2. Calculo TMAR

Usaremos el método más aceptado:

TMAR = Tasa libre de riesgo + Prima por riesgo del proyecto

a. Tasa libre de riesgo (real)

Como trabajas en UF, la referencia correcta son instrumentos en UF, como:

- Bonos del Banco Central en UF
- Depósitos a plazo en UF de largo plazo

En términos académicos, se acepta una tasa real entre 3% y 4%. En este caso utilizaremos un valor conservador y defendible:

$$\text{Tasa libre de riesgo} = 4\%$$

b. Prima por riesgo del proyecto

Ahora justificamos el riesgo específico de este proyecto.

Riesgos identificados:

- Proyecto del sector minero-industrial
- Dependencia del volumen de producción
- Costos fijos elevados
- Empresa de tamaño pequeño/mediano
- Demanda con cierta variabilidad

En este caso la prima por riesgo suele estar entre 6% y 10% para este tipo de proyectos.

Utilizaremos un valor intermedio y razonable:

$$\text{Prima por riesgo} = 8\%$$

c. Cálculo de la TMAR

$$\text{TMAR} = 4\% + 8\% = 12\%$$

La Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) se determinó a partir de la suma de una tasa libre de riesgo y una prima por riesgo del proyecto. La tasa libre de riesgo se estimó en un 4% real, considerando el rendimiento de instrumentos financieros expresados en UF. Por su parte, la prima por riesgo se fijó en un 8%, asociada a los riesgos operacionales, productivos y de mercado propios de un proyecto industrial del sector minero y al tamaño de la empresa. En consecuencia, la TMAR utilizada en la evaluación económica corresponde a un 12% real, consistente con la naturaleza del proyecto y con flujos de caja expresados en UF.

5.7.3. Cálculo depreciación

- Valor de compra: 4.000 UF
- Valor libro (residual): 480 UF
- Vida útil: 4 años

a. Cálculo de la depreciación anual

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Valor de compra} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{4.000 - 480}{4} = 880 \text{ uf/año}$$

En el proyecto no se está comprando maquinaria nueva, pero sí estás usando activos existentes, por lo tanto, si se seguirán depreciando. Para la estimación de la depreciación de los activos fijos del proyecto se utilizó el método de depreciación lineal, considerando un valor de adquisición de 4.000 UF, un valor residual de 480 UF y una vida útil de 4 años. De esta forma, la depreciación anual asciende a 880 UF. Este método permite distribuir el costo del activo de manera uniforme durante su vida útil y es ampliamente utilizado en evaluaciones económicas de proyectos productivos. La depreciación fue considerada únicamente para efectos tributarios, sin afectar directamente el flujo de caja, siendo reincorporada posteriormente como un ajuste no monetario.

5.7.4. Tabla Flujo de Caja

Valor UF	\$ 39.655		
Precio x ton	\$ 51.350		
Cantidad mensual	850	100%	850
Precio x ton	1,29	100%	1,3

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-1: Valores para flujo de caja

		AÑOS				
		0	1	2	3	4
	Toneladas		10200	10800	11400	12000
+	Ingresos x vtas		13208	13985	14762	15539
-	Costos Fijos		-9717	-10288	-10860	-11431
-	Costos Variables		-1768	-1872	-1976	-2080
-	Total Costos		-11485	-12161	-12836	-13512
=	margen bruto (EBITDA)		1723	1824	1926	2027
-	Intereses LP					
-	Intereses CP					
-	Depreciaciones		-880	-880	-880	-880
+/-	Dif x vta de activos a VL					
-	Pérdidas ejercicio anterior					
=	Utilidad Antes de Impto		843	944	1046	1147
-	impto % (25%)		-211	-236	-261	-287
=	Utilidad Desp Impto		632	708	784	860
+	Pérdidas ejercicio anterior					
+	Depreciaciones		880	880	880	880
-	Amortización LP					
-	Amortización CP					
-	capital de trabajo	-926				
-	Invesion inicial					
+	devolucion del capital de trabajo					926
+	Vta activos a VL					
=	Total Anual	-926	1512	1588	1664	2666
+	Préstamo LP					
+	Préstamo CP					
=	Flujo Neto de Caja	-926	1512	1588	1664	2666
	Flujo de caja actualizado	-926	1350	1266	1185	1695
	Flujo de caja actualizado y acumulado	-926	424	1691	2875	4570

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-2: Flujo de caja

TMAR	12%
VAN	4570
TIR	168%
PAYBACK	AÑO 1
IVAN	4,935

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-3: Indicadores flujo de caja

5.7.5. Interpretación general del flujo de caja

El flujo de caja fue elaborado en UF constantes y muestra que el proyecto genera flujos positivos desde el primer año de operación, lo que indica que la actividad productiva es capaz de cubrir sus costos operacionales, impuestos y depreciación, además de generar excedentes de caja.

A partir del año 1, el proyecto comienza a generar ingresos crecientes, impulsados principalmente por el aumento gradual en la producción anual, mientras que los costos crecen a un ritmo menor debido a la dilución de los costos fijos.

En el último año del horizonte de evaluación se observa un aumento significativo del flujo de caja, explicado por la recuperación del capital de trabajo, lo que mejora el resultado total del proyecto.

a.- Evaluación del VAN (Valor Actual Neto)

De acuerdo con el flujo de caja actualizado, el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es de 4.570 UF, calculado utilizando una TMAR del 12%. A partir de este resultado se concluye que:

- El VAN es positivo, lo que indica que el proyecto genera valor económico.
- El monto obtenido es superior a la inversión inicial, demostrando que el proyecto no solo recupera los recursos invertidos, sino que además genera un excedente económico adicional.
- Aun considerando la incorporación del capital de trabajo y los costos asociados a las propuestas de mejora, el proyecto continúa siendo financieramente conveniente, ya que supera la rentabilidad mínima exigida.

b.- Evaluación de la TIR (Tasa Interna de Retorno)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto resulta superior a la TMAR del 12%, lo que implica que:

- La rentabilidad propia del proyecto es mayor que la tasa mínima requerida para su ejecución.
- El proyecto mantiene una alta capacidad de generación de retornos, incluso bajo los supuestos actualizados del flujo de caja.

- Este resultado se explica por la obtención de flujos de caja positivos y crecientes, derivados de la mejora en el nivel de producción y eficiencia operativa de la planta.

c.- Evaluación del Payback (Período de recuperación)

El análisis del flujo de caja actualizado y acumulado muestra que la inversión inicial se recupera en un plazo cercano a los dos primeros años de operación, lo que implica que:

- El proyecto presenta un período de recuperación corto.
- Existe un bajo riesgo financiero, ya que la recuperación del capital se produce en un horizonte reducido.
- Un Payback acotado mejora la liquidez del proyecto y disminuye la exposición a eventuales incertidumbres futuras.

Analizando en conjunto los resultados obtenidos del flujo de caja actualizado, se concluye que:

- El VAN positivo de 4.570 UF confirma la creación de valor económico.
- La TIR superior a la TMAR refuerza la rentabilidad del proyecto.
- El Payback reducido evidencia una rápida recuperación de la inversión.

En consecuencia, los indicadores financieros demuestran que el proyecto es económicamente viable, rentable y financieramente atractivo, incluso tras la incorporación de supuestos más conservadores en el análisis. Por lo tanto, desde el punto de vista financiero, se recomienda la ejecución del proyecto.

5.7.6 Flujo de caja financiado

En el presente flujo de caja no se considera un flujo de caja financiado, dado que el proyecto corresponde a un proyecto real desarrollada sobre una planta existente. En este contexto, la empresa no contempla el uso de financiamiento externo mediante créditos, ya que la inversión requerida sería cubierta con recursos propios.

En consecuencia, la evaluación económica se realiza desde el punto de vista del inversionista, considerando únicamente los flujos operacionales del proyecto, sin incorporar efectos asociados a endeudamiento, tales como intereses o amortizaciones. Este enfoque permite analizar de manera más clara la rentabilidad intrínseca del proyecto y su

capacidad de generar valor, sin que los resultados se vean influenciados por la estructura de financiamiento adoptada.

5.8. Análisis de sensibilidad

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD																				
Precio x ton	Cantidad vendida																			
	4570	200%	190%	180%	170%	160%	150%	140%	130%	120%	110%	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%
200%	71077	67675	64274	60873	57471	54070	50669	47267	43866	40464	37063	33662	30260	26859	23458	20056	16655	13254	9852	6451
190%	64819	61718	58618	55517	52417	49316	46216	43115	40015	36914	33814	30713	27613	24512	21412	18311	15211	12110	9010	5909
180%	58560	55761	52961	50162	47362	44562	41763	38963	36164	33364	30564	27765	24965	22166	19366	16566	13767	10967	8168	5368
170%	52302	49804	47305	44806	42307	39809	37310	34811	32313	29814	27315	24816	22318	19819	17320	14822	12323	9824	7325	4827
160%	46044	43846	41648	39451	37253	35055	32857	30659	28461	26264	24066	21868	19670	17472	15274	13077	10879	8681	6483	4285
150%	39786	37889	35992	34095	32198	30301	28404	26507	24610	22713	20816	18919	17023	15126	13229	11332	9435	7538	5641	3744
140%	33528	31932	30336	28740	27143	25547	23951	22355	20759	19163	17567	15971	14375	12779	11183	9587	7991	6395	4799	3203
130%	27270	25974	24679	23384	22089	20794	19498	18203	16908	15613	14318	13023	11727	10432	9137	7842	6547	5252	3956	2661
120%	21011	20017	19023	18028	17034	16040	15046	14051	13057	12063	11068	10074	9080	8086	7091	6097	5103	4108	3114	2120
110%	14753	14060	13366	12673	11980	11286	10593	9899	9206	8512	7819	7126	6432	5739	5045	4352	3659	2965	2272	1578
100%	8495	8102	7710	7317	6925	6532	6140	5747	5355	4962	4570	4177	3785	3392	3000	2607	2215	1822	1430	1037
90%	2237	2145	2054	1962	1870	1779	1687	1595	1504	1412	1320	1229	1137	1045	954	862	771	679	587	496
80%	-4021	-3812	-3603	-3394	-3184	-2975	-2766	-2557	-2347	-2138	-1929	-1720	-1510	-1301	-1092	-883	-674	-464	-255	-46
70%	-10280	-9769	-9259	-8749	-8239	-7729	-7219	-6709	-6199	-5688	-5178	-4668	-4158	-3648	-3138	-2628	-2118	-1607	-1097	-587
60%	-16538	-15727	-14916	-14105	-13294	-12483	-11672	-10861	-10050	-9239	-8428	-7617	-6806	-5995	-5184	-4373	-3562	-2751	-1940	-1129
50%	-22796	-21684	-20572	-19460	-18348	-17236	-16125	-15013	-13901	-12789	-11677	-10565	-9453	-8341	-7229	-6118	-5006	-3894	-2782	-1670
40%	-29054	-27641	-26229	-24816	-23403	-21990	-20577	-19165	-17752	-16339	-14926	-13514	-12101	-10688	-9275	-7862	-6450	-5037	-3624	-2211
30%	-35312	-33599	-31885	-30171	-28458	-26744	-25030	-23317	-21603	-19889	-18176	-16462	-14748	-13035	-11321	-9607	-7894	-6180	-4466	-2753
20%	-41570	-39556	-37541	-35527	-33512	-31498	-29483	-27469	-25454	-23440	-21425	-19410	-17396	-15381	-13367	-11352	-9338	-7323	-5309	-3294
10%	-47829	-45513	-43198	-40882	-38567	-36251	-33936	-31621	-29305	-26990	-24674	-22359	-20043	-17728	-15413	-13097	-10782	-8466	-6151	-3835

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-4: Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad corresponde a una matriz de escenarios de Valor Actual Neto (VAN) construida a partir del flujo de caja base del proyecto. Este análisis considera dos variables de entrada: el precio de venta y la cantidad producida, las cuales se modifican de manera simultánea con el objetivo de evaluar su impacto conjunto sobre el VAN del proyecto.

Cada celda de la matriz representa un escenario distinto de VAN, resultado de una combinación específica entre un nivel de precio y un nivel de cantidad. De esta forma, el análisis no corresponde a una curva de sensibilidad tradicional de una sola variable, sino a una proyección bidimensional, donde se evalúa el comportamiento del VAN ante variaciones simultáneas en las principales variables que determinan los ingresos del proyecto.

Los valores positivos del VAN, representados en la zona superior de la matriz, indican escenarios en los cuales el proyecto genera valor económico, incluso bajo condiciones distintas al escenario base. En cambio, los valores negativos, concentrados en la zona inferior, representan combinaciones de precio y cantidad en las que el proyecto deja de

ser económicamente viable, evidenciando el punto a partir del cual la rentabilidad se ve comprometida.

En términos generales, el análisis muestra que el proyecto es altamente sensible a variaciones en el precio y la cantidad, ya que ambas variables influyen directamente en los ingresos del flujo de caja. No obstante, se observa un rango amplio de escenarios con VAN positivo, lo que demuestra que el proyecto mantiene su viabilidad económica bajo distintas combinaciones de precio y volumen de producción, entregando un margen de seguridad frente a cambios en las condiciones del mercado.

5.9. Beneficios Esperados para la Empresa

Si las propuestas se implementan correctamente, se espera:

- Reducción del costo por tonelada, mejorando la competitividad.
- Aumento de producción a 1.000 ton/mes sin necesidad de nueva infraestructura.
- Mejora significativa en disponibilidad y continuidad operacional.
- Ahorros logísticos entre \$1.000–2.000 por tonelada transportada.
- Mayor margen operativo y sostenibilidad del negocio.
- Bases sólidas para crecimiento y diversificación futura.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo de título tuvo como propósito evaluar la viabilidad técnica, operativa y económica de una planta de chancado existente, mediante la identificación de su situación actual y la formulación de propuestas de mejora orientadas a optimizar el proceso productivo, aumentar el nivel de producción y fortalecer la gestión operativa y económica de la planta.

A partir del diagnóstico inicial, se identificaron oportunidades relevantes de mejora relacionadas con la eficiencia del proceso, el mantenimiento de los equipos, la gestión de costos y el control operacional. Estas brechas justificaron la formulación de un escenario mejorado de operación, el cual permitió proyectar un aumento en la producción y una utilización más eficiente de los recursos disponibles.

Las propuestas de mejora definidas, tales como la implementación de mantenimiento preventivo, la optimización del proceso productivo y el fortalecimiento del control de gestión, permiten mejorar la continuidad operacional, reducir riesgos asociados a fallas no programadas y contribuir a una mayor estabilidad en la generación de ingresos del proyecto.

La evaluación económica del proyecto se desarrolló a partir de la elaboración de un flujo de caja actualizado, el cual incorporó de manera consistente los ingresos proyectados, los costos operacionales del escenario mejorado, los costos asociados a las propuestas de mejora, el capital de trabajo requerido y la depreciación de los activos existentes para efectos tributarios. Estos elementos permitieron construir un análisis financiero más realista y representativo de las condiciones reales de operación de la planta.

Los resultados obtenidos a partir de los indicadores financieros confirman la viabilidad económica del proyecto. El Valor Actual Neto (VAN) positivo demuestra que el proyecto genera valor económico, la Tasa Interna de Retorno (TIR) superior a la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) evidencia una alta rentabilidad, y el período de recuperación de la inversión reducido refleja una rápida recuperación del capital invertido. La incorporación del capital de trabajo como parte de la inversión inicial permitió reflejar adecuadamente las necesidades de financiamiento de la operación bajo el nuevo escenario productivo, considerando un ciclo de caja mensual.

El análisis de sensibilidad realizado, estructurado como una matriz de escenarios de VAN en función de variaciones simultáneas en el precio de venta y la cantidad producida, permitió evaluar el comportamiento del proyecto bajo distintos escenarios de mercado. Los resultados muestran que, si bien el proyecto es sensible a estas variables, existe un rango

amplio de combinaciones en las que el VAN se mantiene positivo, lo que otorga un margen de seguridad económica frente a posibles fluctuaciones del entorno.

En términos generales, el proyecto demuestra una adecuada capacidad de generación de caja, una estructura de costos consistente con el nivel de producción proyectado y una rentabilidad atractiva, lo que permite concluir que la implementación de las mejoras propuestas es técnica y económicamente viable para una planta de chancado en operación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación del proyecto, dado que los resultados obtenidos en la evaluación técnica y económica demuestran que las mejoras propuestas generan valor, presentan una rentabilidad superior a la exigida y permiten recuperar la inversión en un plazo reducido.
2. Se sugiere priorizar la aplicación de las mejoras relacionadas con el mantenimiento preventivo y la continuidad operacional, ya que estas influyen directamente en la estabilidad del proceso productivo, reducen paradas no programadas y contribuyen a mantener flujos de caja positivos en el tiempo.
3. Se recomienda establecer un sistema de control y seguimiento de indicadores clave, tales como nivel de producción, costos operacionales, precio de venta y márgenes, con el fin de monitorear el desempeño real de la planta y detectar oportunamente desviaciones respecto de lo proyectado.
4. Dado que el análisis de sensibilidad evidenció una alta dependencia del proyecto respecto al precio y la cantidad producida, se recomienda realizar una revisión periódica del flujo de caja, incorporando información real de mercado que permita ajustar la planificación productiva y comercial.
5. Para futuros estudios, se sugiere profundizar el análisis incorporando nuevas alternativas de mejora, tales como ampliaciones de capacidad productiva, incorporación de nuevas líneas de productos o mejoras tecnológicas adicionales, que permitan seguir aumentando la competitividad y sostenibilidad económica de la planta en el largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA ANEXOS

- [1] Proyecto minero "Servicios para la minería y molienda Las Palmas S.A."
- [2] <https://www.canva.com/design/DAG6k7C7qAE/wzMLwqHYyIng7wU-yV2bZg/edit>
- [3] <https://www.investopedia.com/terms/p/porter.asp>
- [4] <https://asana.com/es/resources/porters-five-forces>
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=ffQXI8CAiIM>
- [6] Flujo de caja: Material de asignaturas anteriores.
- [7] Análisis de sensibilidad: Material de asignaturas anteriores.