

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y MANUFACTURA

Título del trabajo:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL REDISEÑO DEL TRANSPORTE DE PALLET
DEL SISTEMA ROBOTIZADO DE PESAJE Y MUESTREO DE MAXI-SACOS, ÁREA ENVASADO DE MUESTRERA,
DE LA EMPRESA MOLYMETNOS, CHILE.

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero en Proyectos de Ingeniería y al grado de
Licenciado en Ingeniería de Proyectos

Por:

Rodrigo Fritz Vera

Profesor Guía:

Santiago Geywitz Bernal

Comisión:

Caren Carmona Vega

Mario González Carvallo

2023

Resumen

Los transportadores de rodillo son elementos fundamentales en los sistemas de transporte y manejo de materiales en una amplia gama de industrias, su función principal es permitir el desplazamiento eficiente de objetos o cargas a lo largo de una línea de producción, almacén o centro de distribución. El presente trabajo de título se centra en un estudio de prefactibilidad técnica y económica para el rediseño del transporte de pallet del "Sistema robotizado para pesaje y muestreo de Maxi-Sacos" de MolymetNos. El objetivo principal es proponer mejoras, particularmente a través de una mayor segmentación en el transporte de entrada de pallet, buscando un control más efectivo e independiente en cada estación. La evaluación de beneficios se realizará mediante la eficiencia electromecánica, considerando el consumo de energía en relación con los tiempos de ciclos, con el propósito de lograr un posicionamiento más preciso y reducir la tasa de fallas. La confirmación de la viabilidad económica sería a través de la evaluación de rentabilidad lo que respaldaría la inversión, destacando beneficios tanto en eficiencia operativa como en ahorro de costos.

KEYWORDS: TRANSPORTE DE PALLET - REDISEÑO - SISTEMA ROBOTIZADO.

Índice

Resumen	2
Introducción.....	8
1 Diagnóstico y metodología de evaluación.....	10
1.1 Diagnóstico	10
1.1.1 La Organización	10
1.1.2 Procesos productivos.	11
1.1.3 Unidad productiva de estudio.....	11
1.1.4 Cambio de paradigma en el proceso de muestreo.	12
1.1.5 Antecedentes generales.....	14
1.1.6 Aproximación al problema de estudio	15
1.1.7 Objetivo general	19
1.1.8 Objetivos específicos.....	19
1.1.9 Tamaño del proyecto.....	19
1.1.10 Impactos relacionados con el proyecto.....	19
1.2 Metodología	19
1.2.1 Situación base sin proyecto.....	20
1.2.2 Situación base con proyecto	20
1.2.3 Método para medición de beneficios y costos.....	21
1.2.4 Criterio de evaluación electromecánica.....	21
1.2.5 Criterios de evaluación económica	21
2 Análisis de prefactibilidad técnica.....	23
2.1 Descripción cuantitativa y cualitativa del proceso productivo a mejorar.....	23
2.1.1 Descripción, selección y análisis del proceso productivo.....	23
2.1.2 Descripción de máquinas y equipos actuales	25
2.1.3 Diagrama de flujo del proceso de muestreo robotizado.....	25
2.1.4 Distribución de plantas, de espacios y layout actual	27
2.1.5 Costos en consumos de energía actual.....	28
2.1.6 Insumos, productos y subproductos.	29
2.1.7 Programas de trabajo actual, descripción de cargos, sueldos.	29
2.2 Situación futura	31
2.2.1 Descripción y análisis de la situación futura	31
2.2.2 Aspectos Cuantitativos.....	32
2.2.3 Aspectos cualitativos.....	34
2.2.4 Distribución de plantas, de espacios y layout situación futura.....	34

2.2.5	Evaluación electromecánica.....	35
2.3	Propuesta de cálculo de materiales, cálculo de costos consumos de energía, cálculo de costos HH asociados al proyecto.....	36
2.3.1	Propuesta de programas de trabajo, descripción de cargos, sueldos.....	36
2.3.2	Inversiones en equipos.....	38
2.3.3	Costos de instalación y puesta en marcha	38
2.3.4	Costos consumo de energía proyectado	39
2.3.5	Costos de imprevistos	40
3	Evaluación económica.....	42
3.1	Consideraciones para utilizar.....	42
3.1.1	Horizonte del proyecto.....	42
3.1.2	Tasa de descuento	42
3.1.3	Moneda a utilizar	44
3.1.4	Impuestos.....	44
3.1.5	Depreciación	45
3.1.6	Reinversión.....	45
3.1.7	Análisis de riesgo.....	45
3.2	Proyecto puro	47
3.2.1	Flujo de caja sin financiamiento.....	47
3.2.2	Indicadores económicos.....	48
3.2.3	Rentabilidad del proyecto puro.....	48
3.3	Proyecto con financiamiento.....	48
3.3.1	Flujo de caja con financiamiento del 50%.....	48
3.3.2	Indicadores económicos.....	50
3.3.3	Rentabilidad del proyecto con financiamiento 50%.....	50
3.3.4	Flujo de caja con financiamiento del 75%.....	51
3.3.5	Indicadores económicos.....	52
3.3.6	Rentabilidad del proyecto con financiamiento 75%.....	53
3.4	Sensibilizaciones	53
3.4.1	Sensibilización del precio por unidad procesada	53
3.4.2	Sensibilización Salario de trabajadores.....	54
3.4.3	Determinación de puntos de corte.	55
	Conclusiones y recomendaciones.....	56
	Bibliografía	58

Índice de Figuras

Figura 1-1 Principales Productos Molymet	11
Figura 1-2 Grafico evolución del tipo de muestreo	12
Figura 1-3 Zonas de muestreo en maxisaco.....	13
Figura 1-4 Transporte de rodillos motorizado.....	14
Figura 1-5 Secciones del transportador de pallet.....	16
Figura 1-6 Grafico levantamiento de fallas transporte de pallet	16
Figura 1-7 Diagrama Ishikawa, problemas en transporte de pallet.....	17
Figura 2-1 Capacidad de carga transporte entrada.....	23
Figura 2-2 Diagrama transporte de entrada (Modo Automático)	24
Figura 2-3 Diagrama transporte de salida (Modo Automático)	25
Figura 2-4 Diagrama de flujo muestreo robotizado.....	26
Figura 2-5 Configuración actual transporte de entrada	27
Figura 2-6 Imagen 3D sistema de muestreo robotizado	28
Figura 2-7 Segmentación transporte de entrada	32
Figura 2-8 Grafico mejora de la eficiencia operativa esperada	33
Figura 2-9 Configuración propuesta del transporte de entrada	35
Figura 2-10 Grafico comparativa tiempos de muestreo v/s tiempo ciclo	37
Figura 3-1 Formula financiera tasa de descuento modelo CAMP.....	43
Figura 3-2 Valor de tasa de descuento asociada al proyecto según modelo CAMP.....	43
Figura 3-3 Criterio de ponderación matriz de riesgo.....	46
Figura 3-4 Grafico sensibilización precio por unidad muestreada	54
Figura 3-5 Grafico sensibilización salario de operadores.....	55

Índice de tablas

Tabla 1-1 Tabla ponderada ordenada Ishikawa	18
Tabla 2-1 Descripción de Figura 2-5.....	27
Tabla 2-2 Consumo eléctrico actual área de Muestrera	28
Tabla 2-3 Extracto de Tarifas de Suministro Eléctrico a Precio de estabilización 2022, 1 de octubre de 2023.....	29
Tabla 2-4 Turnos rotativos Molymet	29
Tabla 2-5 Descripción de cargos área de Muestrera.....	30
Tabla 2-6 Remuneraciones área Muestrera	30
Tabla 2-7 Características de diseño transporte entrada/salida	33
Tabla 2-8 Descripción de Figura 16: Configuración propuesta del transporte de entrada	35
Tabla 2-9 Comparativa energética de situación actual v/s futura	36
Tabla 2-10 Materiales e insumos del proyecto.....	38
Tabla 2-11 Estimación de personal necesario para la instalación y puesta en marcha.	39
Tabla 2-12 Costos consumos de energía proyectados	40
Tabla 2-13 Resumen costos del proyecto y monto de resguardo	40
Tabla 3-1 Extracto listado de códigos actividad económica SII.....	44
Tabla 3-2 Extracto tabla de impuesto a la renta primera categoría	44
Tabla 3-3 Extracto de nueva tabla del SII, Resolución N°43, 26-12-2002, Vigencia a partir del 01-01-2023	45
Tabla 3-4 Riesgos identificados a la ejecución del proyecto. (Matiz de riesgo)	46

Tabla 3-5	<i>Flujo de caja sin financiamiento. (Proyecto puro)</i>	47
Tabla 3-6	<i>Resumen de indicadores Proyecto Puro</i>	48
Tabla 3-7	<i>Flujo de caja con financiamiento del 50%</i>	49
Tabla 3-8	<i>Resume de crédito 50% del monto del proyecto.</i>	49
Tabla 3-9	<i>Resumen abono capital e interés anual del crédito</i>	50
Tabla 3-10	<i>Resumen de indicadores proyecto con 50% de financiamiento</i>	50
Tabla 3-11	<i>Flujo de caja con financiamiento del 75%</i>	51
Tabla 3-12	<i>Resume de crédito 75% del monto del proyecto.</i>	52
Tabla 3-13	<i>Resumen abono capital e interés anual del crédito</i>	52
Tabla 3-14	<i>Resumen de indicadores proyecto con 75% de financiamiento</i>	52
Tabla 3-15	<i>Sensibilización precio por unidad muestreada</i>	53
Tabla 3-16	<i>Sensibilización salario de los trabajadores</i>	54
Tabla 3-17	<i>Valores punto de corte</i>	55

Siglas y simbología

Índice de siglas

KPI:	Key Performance Indicator (Indicador clave de desempeño)
PLC:	Programmable Logic Controller (Controlador lógico Programable)
VAN:	Valor Actual Neto
PRI:	Periodo de recuperación de la Inversión
TIR:	Tasa Interna de Retorno
M:	Motor o Motorreductor
HMI:	Human Machine Interface
BT:	Baja Tensión
D:	Distancia
HH:	Horas Hombre
SEC:	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
UF:	Unidad de Fomento
CAMP:	Capital Asset Pricing Model
SII:	Servicio de Impuestos Internos

Índice de simbologías

%:	Porcentaje
KW/h:	Kilowatts hora
W:	Watts
\$:	Peso chileno
Ton:	Tonelada
Kg:	Kilogramo
Seg:	Segundo
Volt:	Voltaje

Introducción.

En el ámbito industrial, la automatización y la robótica han desempeñado un papel fundamental en el aumento de la eficiencia y precisión de los procesos (CADE, 2023). En este contexto, el manejo y muestreo de materiales a granel, como los maxisacos, representan un desafío importante debido a su gran tamaño y peso. Para abordar esta problemática surgen sistemas robotizados de muestreo que permiten obtener muestras representativas de forma rápida y precisa (edsrobotics.com, 2020).

El sistema se basa en la utilización de un brazo robótico con capacidad de movimientos precisos y controlados, equipado con herramientas específicas para el muestreo de maxisacos. Se complementa con transportadores que posicionan de forma eficiente y precisa los maxisacos que serán muestreados. Todo el sistema anteriormente descrito busca la eficiencia del proceso de muestreo, minimizando los tiempos de operación y reduciendo la intervención humana, lo que a su vez disminuye el riesgo de errores y aumenta la confiabilidad de los resultados obtenidos dado que siempre los procesos manuales tienen potencial de sesgo el cual puede ser involuntario o no a demás de ser inseguros para las personas.

El tema que se abordará en el presente estudio tiene relación precisamente con la necesidad de optimizar una de las partes fundamentales de un sistema de muestreo robotizado, esta parte es el transportador de pallet, ya que, debido a condiciones no previstas al momento de la adquisición del equipo, actualmente este sistema no funciona de forma constante, precisa y eficiente.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y DIAGNÓSTICO

1 Diagnóstico y metodología de evaluación.

En el presente capítulo se presentará la unidad productiva de estudio, se expondrá la situación actual que servirá de contexto para el desarrollo del proyecto. Se detallará la metodología seleccionada para evaluar las características y objetivos de su viabilidad inicial. Adicionalmente, se expondrán las condiciones iniciales necesarias para viabilizar la ejecución de este proyecto.

1.1 Diagnóstico

A continuación, se presentan los antecedentes, objetivos generales y específicos relacionados con la prefactibilidad del proyecto.

1.1.1 La Organización

Molibdenos y Metales S.A.; conocida como "Molymet"; es una empresa de alcance internacional que se dedica principalmente al procesamiento de molibdeno (Mo) y renio (Re). (Molymet, 2023) Su historia se remonta a 1975 en Chile, pero a lo largo de los años ha expandido sus operaciones a nivel mundial. Actualmente, Molymet se encuentra presente en todo el mundo, brindando los beneficios de sus productos a clientes globales.

La empresa ha logrado una destacada participación en la capacidad de procesamiento a nivel mundial, con aproximadamente el 35% en molibdeno y el 70% en renio. Esto se ha logrado gracias a su estrategia de internacionalización, que se inició en la década de los noventa. Con el objetivo de satisfacer la demanda global, Molymet cuenta con varias plantas productivas estratégicamente ubicadas en Chile, México, Bélgica y Alemania. Además, para fortalecer su presencia comercial, la empresa tiene cinco oficinas comerciales en diferentes países.

La amplia presencia geográfica y la capacidad de procesamiento de Molymet posicionan a la empresa como un actor clave en la industria del molibdeno y renio, brindando soluciones y productos de alta calidad a nivel mundial. (molymet.com, 2022, pág. 14)

1.1.2 Procesos productivos.

La base fundamental del negocio se centra en el procesamiento de molibdeno y renio para satisfacer principalmente las necesidades de la industria siderúrgica, metalúrgica, metálica, química, electrónica y aeroespacial. A partir de esta actividad, surgen una variedad de productos, servicios y proyectos innovadores para responder a las nuevas demandas del mundo en constante cambio.

La línea de negocio principal se define en tres áreas:

- **Ventas Propias:** La empresa adquiere concentrados de molibdeno, los cuales son sometidos a un proceso de procesamiento para obtener una amplia variedad de productos metálicos, desde óxido de molibdeno hasta productos puros. Estos productos son posteriormente vendidos a diversos clientes de la industria siderúrgica y química en el mercado global.
- **Maquila:** Diversas compañías de la industria minera confían en la empresa para procesar la molibdenita que les entregan. Una vez transformada, la empresa devuelve el producto resultante, el cual tiene valor comercial. Por este servicio, se cobra una tarifa correspondiente.
- **Subproductos:** A través del proceso de tostación y oxidación al que se somete el molibdeno, la empresa recupera varios subproductos que posteriormente son comercializados. Entre los subproductos destacan el renio, el cemento de cobre y el ácido sulfúrico. (molymet.com, 2022, pág. 22).

A continuación, se visualiza en la Figura 1-1 los diferentes procesos productivos presentes en Molymet.

Figura 1-1

Principales Productos Molymet



Nota. Elaboración propia a partir de reporte de sostenibilidad 2022

1.1.3 Unidad productiva de estudio

La unidad productiva donde se desarrolla el presente estudio es el sub-área de Muestrera perteneciente al área de Recepción y Despacho.

Esta área es la encargada de realizar el pesaje y muestreo de cada maxisaco, para poder ser liberado y enviados a la zona de aperchamiento para su posterior traslado.

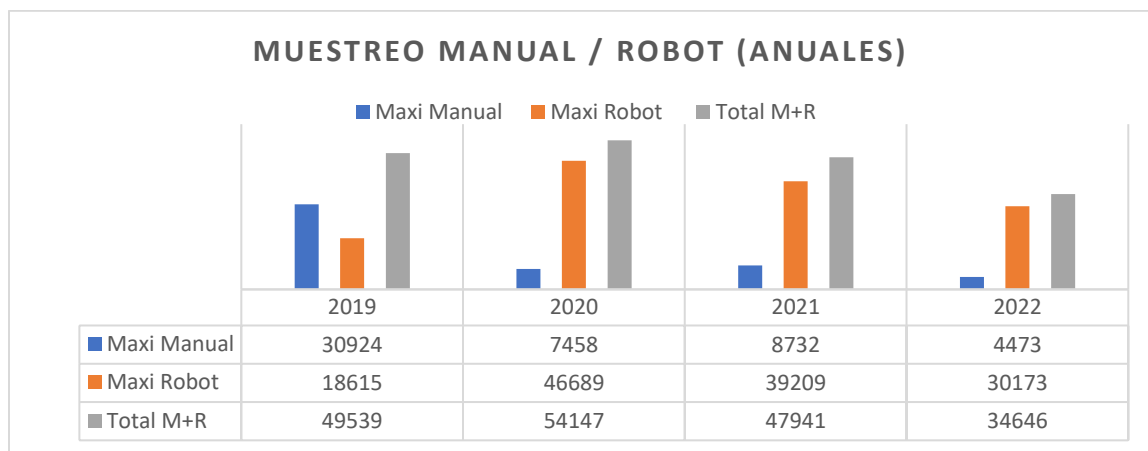
Esta área es un pilar fundamental en el aseguramiento de la calidad, por lo que es necesario que siempre se encuentre disponible y a su máxima capacidad de trabajo. Se considera de importancia estratégica el área en general, y específicamente el proceso que se lleva a cabo en este lugar, debido a su papel fundamental en la evaluación de la calidad del producto final. La calidad es un elemento crítico para el éxito de cualquier organización, ya que afecta directamente la satisfacción del cliente, la reputación de la empresa y la competitividad en el mercado. Por lo tanto, al centrar los esfuerzos en garantizar y mejorar la calidad de este proceso, se estará fortaleciendo la posición en el mercado y creando una ventaja competitiva sostenible.

1.1.4 Cambio de paradigma en el proceso de muestreo.

En la Figura 1-2 se evidencia el grafico de la evolución en la operación del “muestreo” en la empresa Molymet. De una labor manual y de un alto desgaste físico para el operador, se evoluciono en una tarea de supervisión y operación del sistema de pesaje y muestreo robotizado.

Figura 1-2

Grafico evolución del tipo de muestreo



Nota. Elaboración propia a partir de datos recolectados en unidad de muestreo.

Esta evolución se gatillo a raíz de dos grandes factores: Calidad y Seguridad Ocupacional. La calidad relacionada al ámbito operacional es un enfoque estratégico que busca optimizar los procesos internos de una organización, asegurando la eficiencia, la eficacia y la consistencia en la entrega de

productos y servicios de alto nivel. Lo anterior era difícilmente sostenible dado que el “muestreo manual” es una labor repetitiva y de un alto desgaste físico. Esta operación tiene como desventaja productiva que su eficiencia es inversamente proporcional al tiempo, ya que, al avanzar la jornada de trabajo y el número de muestras realizadas, la calidad del muestreo decrece.

Referente a la salud ocupacional, está directamente ligada al “muestreo manual”, debido a que al ser esta una tarea de alto desgaste físico, las probabilidades de sufrir trastornos musculoesqueléticos y en particular de las extremidades superiores son altas. La Superintendencia de Seguridad Social de Chile (SUSESO, 2023) indica que en 2020 se otorgó un total de 48.329 prestaciones médicas por trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores, lo que representa el 20,05% del total de prestaciones médicas otorgadas por enfermedades profesionales en el país, la mayoría de los casos corresponden a lesiones por esfuerzo repetitivo, seguidas de lesiones por movimientos bruscos y posturas forzadas.

Debido a estos datos es que la utilización de robots en el muestreo presenta numerosas ventajas en términos de precisión, repetibilidad, velocidad, eficiencia y es una de las razones de la implantación de este sistema, de la evolución y el terreno que gana frente a los muestreos manuales. Lo anterior se comprende mejor al conocer que la meta (KPI) de muestreos diarios durante un turno promedio es de 140 muestreos a maxisacos y en donde un muestreo implica la toma de cinco muestras representativas en puntos específicos del maxisaco, teniendo además que ser estas muestras recolectadas a una profundidad específica, todo con el fin de conseguir muestras homogéneas, representativas y de calidad. En la Figura 1-3 se aprecia lo anteriormente descrito.

Figura 1-3

Zonas de muestreo en maxisaco



Nota. Elaboración propia de información recolectada en terreno.

1.1.5 Antecedentes generales.

Los transportadores de rodillo son elementos fundamentales en los sistemas de transporte y manejo de materiales en una amplia gama de industrias. En general, “es una estructura que utiliza rodillos metálicos como superficie para facilitar el manejo y desplazamiento de todo tipo de objetos, como cajas, paquetes o pallets. Se trata de un sistema modular que puede ser de rodillos de giro libre y accionados por gravedad o de rodillos motorizados.” (embalajesterra.com, 2023)

Su función principal como se indicó anteriormente es permitir el desplazamiento eficiente de objetos o cargas a lo largo de una línea de producción, almacén o centro de distribución. Sin embargo, en muchas aplicaciones industriales, la precisión en los desplazamientos de los transportadores de rodillo es un factor crítico para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema en su conjunto. En la Figura 1.4 se muestra un ejemplo de una sección de transporte de rodillo.

Figura 1-4

Transporte de rodillos motorizado



Nota. Imagen obtenida de Internet libre de copyright

La necesidad de que los transportadores de rodillo sean precisos en sus desplazamientos se debe a varias razones. En primer lugar, la precisión es esencial para mantener la alineación adecuada de las cargas a medida que se desplazan a lo largo del transportador. Esto asegura que los objetos no se desvíen, choquen o se dañen durante el proceso de transporte, lo que puede tener consecuencias costosas en términos de productividad y calidad del producto final.

Además, la precisión en los desplazamientos de los transportadores de rodillo es crucial para asegurar una transferencia fluida y eficiente de las cargas entre diferentes secciones del sistema. En aplicaciones donde los transportadores están interconectados con otros equipos, como máquinas de embalaje o sistemas de clasificación, cualquier desviación o imprecisión en los desplazamientos puede ocasionar bloqueos, atascos o retrasos en el flujo de producción.

Con la creciente implementación de la robótica y la automatización en las operaciones industriales, se requiere una coordinación precisa entre los transportadores de rodillo y otros dispositivos automatizados. Esto implica que los desplazamientos de los transportadores deben ser consistentes y predecibles, para que los robots o los sistemas de control puedan interactuar de manera efectiva y realizar tareas como el posicionamiento preciso, la recolección de objetos, el muestreo de materiales, o la sincronización con otros procesos.

1.1.6 Aproximación al problema de estudio

Actualmente el sistema de transporte de rodillos y en general todo el sistema de muestreo robotizado, ha experimentado diversas modificaciones a nivel de programación de software (PLC). La empresa responsable de la mantención general ha realizado ajustes con el objetivo de optimizar los tiempos de traslado y operación. A pesar de estas mejoras, persisten deficiencias en el sistema de traslado de pallet que hasta ahora no han sido solucionadas mediante modificaciones en la programación de software (PLC). Esta situación se origina debido a que, aunque solo se utiliza un tipo específico de pallet para llevar a cabo el proceso de muestreo mediante transportadores de rodillos, los maxisacos que contienen los materiales a ser muestreados presentan variaciones en sus dimensiones. Estas variaciones se deben al hecho de que los maxisacos provienen de distintos clientes. En un análisis de fallas del sistema de muestreo robotizado, se evidenció que el transporte de pallet no opera con la precisión requerida. Esto obliga al operador a realizar correcciones de posicionamiento durante la ejecución automática de la secuencia de transporte y muestreo. Además, se ha identificado que estas correcciones de posición, en las cuales el operador se ve obligado a realizar acciones de forma manual, no se registran como 'fallas' en los 'informes de entrega de turno' por parte del personal de producción. Esto se debe a que solo se consideran como 'fallas' las detenciones a las cuales el operador no puede dar solución, mientras que los ajustes de posición se toman como parte de la rutina operacional. El concepto de "automático" implica que un sistema funciona sin intervención humana directa, es decir, de forma automática. Sin embargo, si este sistema automático se ve alterado, se debiese considerar una "falla en el sistema".

Se identificó que las fallas están acotadas en los traspasos de carga, es decir, entre el transportador de entrada, la estación de pesaje y la estación de muestreo, que son además los puntos críticos del proceso de muestreo. A continuación, se muestran en la Figura 1-5 las secciones del transporte de pallet.

Secciones del transportador de pallet

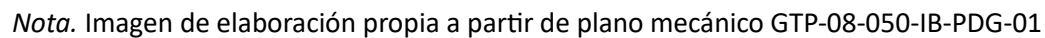


Figura 1-6

Total Fallas

Categoría	Total Fallas
Problemas en sensores fotoelectricos	10
Desgaste de los componentes de seguridad	2
Problemas de control y programación	2
Choques y colisiones	185
Sobrecarga	2
Problemas eléctricos	2
Atascos de pallets	25

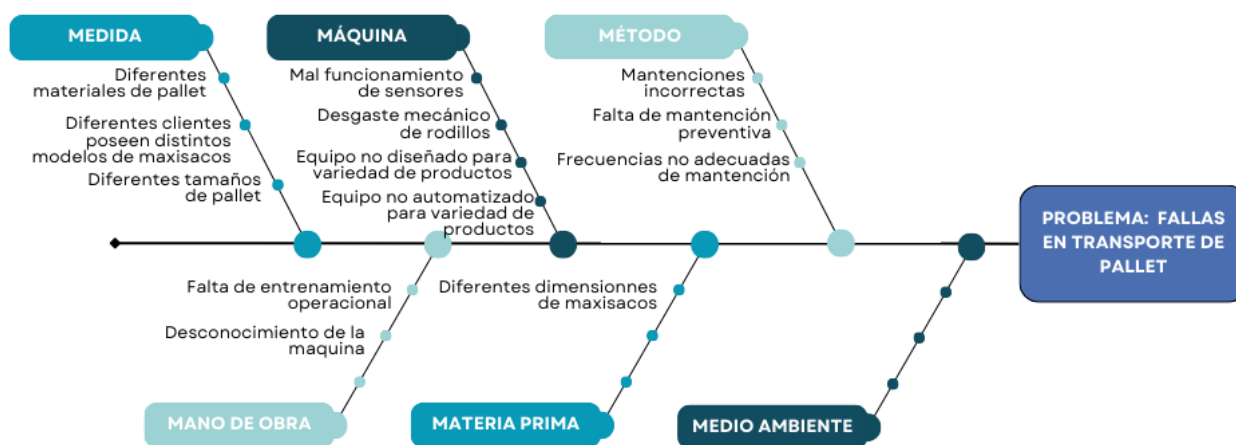
Además, se colaboró con el personal del área de operaciones en la elaboración de un diagrama Ishikawa para identificar dónde podrían originarse las fallas.

Los datos recopilados señalan que los choques y/o colisiones de pallets durante el transporte son la principal causa de las detenciones en el proceso productivo. Además, como consecuencia de esta falla, surgen otros problemas que, en menor medida, resultan de las manipulaciones en modo manual realizadas por el operador al intentar regularizar el proceso productivo automático.

Por otra parte, tanto la tabla ponderada como el diagrama Ishikawa presentado en la Figura 1-7, apuntan en la misma dirección de una manera más concreta según la opinión de operadores y jefes de turno del sector.

Figura 1-7

Diagrama Ishikawa, problemas en transporte de pallet



Nota. Elaboración propia a partir de datos recolectados de operadores y jefes de planta.

La ponderación de la escala de calificación/peso con la cual se traslada lo subjetivo a lo cuantitativo fue para este caso del 1 al 3, siendo el 3 el valor más alto indicado que es un factor significativo y 1 el menos significativo para dar solución al problema raíz. A continuación, se presenta la Tabla 1-1 de ponderaciones ya ordenada en orden descendente.

Tabla 1-1*Tabla ponderada ordenada Ishikawa*

Tipo	Causa	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	Total
Máquina	Equipo no diseñado para variedad de productos	Rediseño de equipo	2	2	2	2	2	1	11
Máquina	Equipo no automatizado para variedad de productos	Automatismo del equipo	2	2	2	2	2	1	11
Máquina	Mal funcionamiento de sensores	Cambio de tecnología o posición	2	2	1	3	1	1	10
Método	Falta de mantención preventiva	Ajustar programa de mantenciones	1	1	1	3	1	3	10
Método	Frecuencias no adecuadas de mantención	Ajustar programa de mantenciones	1	1	1	3	1	3	10
Método	Mantenciones Incorrectas	Levantamiento de necesidades actuales	2	1	1	2	1	2	9
Medida	Diferentes clientes poseen diferentes modelos de maxisacos	Solicitar medida estándar a clientes	1	2	1	1	2	1	8
Máquina	Desgaste mecánico	Revisión y mantenimiento mecánico	2	1	1	2	1	1	8
Mano de Obra	Desconocimiento de la maquina	Generar capacitaciones	1	2	1	2	1	1	8
Mano de Obra	Falta de entrenamiento Operacional	Realizar cursos o entrenamientos	2	1	1	2	1	1	8
Medida	Diferentes tamaños de pallet	Homologar a un tipo de pallet	1	1	1	1	2	1	7
Medida	Diferentes materiales de pallet	Homologar a un tipo de pallet	1	1	1	1	2	1	7
Materia Prima	Diferentes dimensiones de Maxisacos	Homologar a un tipo de maxisaco	1	1	1	1	2	1	7

Nota. Elaboración propia a partir de datos recolectados.

Según el análisis se detectaron 2 fallas que poseen una ponderación elevada por sobre el resto. Se puede decantar de esta tabla que son visualizadas como posible causa directa, son la posible solución, sería posible medir resultados luego de ejecutada alguna de estas soluciones, pero su costo no sería bajo.

La razón detrás de la investigación de los problemas previamente identificados se debe a que, como parte del área de mantenimiento eléctrico e instrumentación, nuestro principal objetivo es garantizar el funcionamiento óptimo y sin problemas de los equipos y sistemas, por lo que “la falta de precisión del transportador de pallet del “sistema robotizado de pesaje y muestreo de Maxi-Sacos” es un tema relevante y que merece ser abordado y solucionado.

1.1.7 Objetivo general

Proponer un rediseño para el actual transporte de pallets del “Sistema robotizado para pesaje y muestreo de Maxi-Sacos”, área Envasado de Muestrera, de la empresa MolytmetNos, Chile.

1.1.8 Objetivos específicos

1. Proponer y modelar mejoras para el funcionamiento mediante una mayor segmentación de zonas en el transporte de entrada de pallet.
2. Evaluar la eficiencia electromecánica del sistema de transporte de rodillos implementado.
3. Evaluar la rentabilidad del proyecto.

1.1.9 Tamaño del proyecto

El tamaño del proyecto, desde una perspectiva económica, requerirá una inversión total de UF 286,44, lo que al interior de la empresa es una inversión de pequeña a mediana envergadura que requiere una aprobación por parte del gerente de producción. El monto indicado corresponde a la suma de la inversión en equipos indicado en la Tabla 2-10, costos de instalación y puesta en servicio indicado en la Tabla 2-11 y además el monto de reserva indicado en la Tabla 2.13.

1.1.10 Impactos relacionados con el proyecto

Los impactos que genera el proyecto están relacionados con la calidad del proceso de toma de muestras, también con la salud ocupacional de los operadores ya que el muestreo manual es una labor desgastante para quien la ejecute. Por otra parte, la ejecución del proyecto conllevaría ahorros tanto energéticos como económicos que serán indicados durante la evaluación económica del proyecto.

1.2 Metodología

A continuación, se presentará la situación actual y proyectada, además de los análisis, criterios y estructura de evaluación.

1.2.1 Situación base sin proyecto

Actualmente, el sistema de muestreo robotizado opera de manera deficiente, experimentando frecuentes detenciones debido a la acumulación de pallets, lo que desencadena otras fallas. Esta problemática se origina en el transporte de entrada, que es accionado por un solo motorreductor. El avance y acumulación de pallets se controla mediante la programación en un PLC, que comanda el motor basándose en el censado de fotocélulas ubicadas en diversas zonas del transportador. Estas fotocélulas habilitan o detienen los pallets según lo indique la programación.

Desde el punto de vista mecánico, el transporte de pallet ya no cuenta con la tracción original debido al desgaste natural de los polines en su superficie de contacto con los pallets.

Además, el programa de control no dispone de diferentes 'programas' o 'formatos' que distingan entre los distintos tipos de maxisacos procesados. Los sensores están fijos en una ubicación específica dentro del transporte, lo que impide ajustes para cada formato de maxisaco procesado.

La entrada y posicionamiento de los pallets en el transporte se realiza mediante una grúa horquilla desde la zona de apilado de materias primas. El operador de la grúa estima la posición inicial del pallet, contribuyendo a un avance no exacto y un distanciamiento variable entre pallets. Estos factores, combinados con el hecho de que el sistema de control posiciona los pallets por acumulación y mediante un solo accionamiento (motorreductor), resultan en un distanciamiento irregular entre pallets, que el programa no puede controlar de manera consistente

1.2.2 Situación base con proyecto

La implementación del proyecto abordaría el problema de falta de precisión en el posicionamiento y transferencia de los pallets en sus posiciones iniciales, que es la causa directa e indirecta de averías y de las intervenciones constantes del operador, quien se ve obligado a realizar ajustes manuales de posición.

Esta solución reduciría el desgaste de las partes mecánicas debido a fallas de posicionamiento, ya que solo sería necesario manipular los transportadores específicos con problemas y no toda la extensa sección de transportadores de entrada o salida. Además, se minimizarían las probabilidades de una falla mayor en la que el sistema de muestreo robotizado quede fuera de servicio debido a colisiones de pallets. Esto a su vez reduciría la necesidad de realizar muestreo manual, una tarea desgastante a nivel de salud ocupacional que solo se debería llevar a cabo en caso de no contar con la disponibilidad del muestreo robotizado.

La disminución de detenciones por colisiones liberaría al operador para realizar otras tareas, actualmente retrasadas debido a la necesidad de supervisar constantemente el proceso. Esto también mejoraría el clima laboral al facilitar las labores del operador y minimizar la posibilidad de accidentes relacionados con fallas en la operación manual del equipo.

1.2.3 Método para medición de beneficios y costos

El método para evaluar los beneficios consistirá en la evaluación de la eficiencia electromecánica del sistema de transporte de rodillos implementado, considerando el consumo de energía en relación con los tiempos de ciclos completados. Además, se llevará a cabo una revisión de la rentabilidad del proyecto a través de una evaluación económica que empleará métodos ampliamente reconocidos, como el Valor Actual Neto (VAN), el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Se incluirán análisis de sensibilidad asociados a estas variables para comprender el impacto potencial de cambios en los resultados económicos del proyecto.

1.2.4 Criterio de evaluación electromecánica

La eficiencia electromecánica se evaluará considerando tanto el rendimiento eléctrico, como la eficiencia integral del sistema en el transporte. Este análisis comprenderá la revisión del consumo de energía en relación con los ciclos completados, así como la evaluación de los costos monetarios asociados a las modificaciones propuestas

1.2.5 Criterios de evaluación económica

El análisis de las variables que influyen en el proyecto permitirá tener una visión clara sobre su inversión y rentabilidad al momento de ser gestionadas.

Los indicadores de evaluación que se considerarán en este proyecto son:

- Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)
- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA

2 Análisis de prefactibilidad técnica.

En el siguiente capítulo se realizará la evaluación inicial que determina la viabilidad técnica del proyecto propuesto. Se centra en examinar la factibilidad de llevar a cabo la idea desde un punto de vista técnico, considerando aspectos como recursos, tecnología y procesos involucrados.

2.1 Descripción cuantitativa y cualitativa del proceso productivo a mejorar.

La descripción cuantitativa y cualitativa involucra tanto aspectos medibles y cuantificables como aspectos más subjetivos relacionados con la calidad y la experiencia. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes de ambos temas.

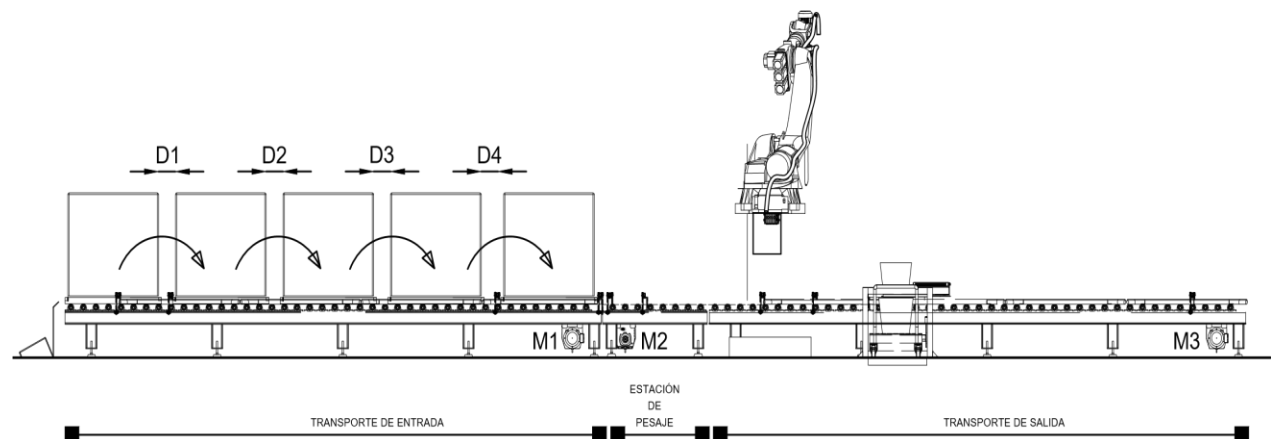
2.1.1 Descripción, selección y análisis del proceso productivo.

El proceso seleccionado es el transporte de entrada en el muestreo robotizado, del cual se presentan a continuación las actividades más relevantes.

El proceso de transporte en el muestreo robotizado inicia con la colocación, por parte del operador de grúa horquilla, del conjunto pallets-maxisaco en la entrada del sistema. En este punto, el automatismo entra en funcionamiento, moviendo y posicionando de manera automática los pallets-maxisaco hasta que el transporte se carga por completo, llegando finalmente a la estación de pesaje. En la Figura 2.1 se visualiza el proceso de carga del transporte de entrada.

Figura 2-1

Capacidad de carga transporte entrada

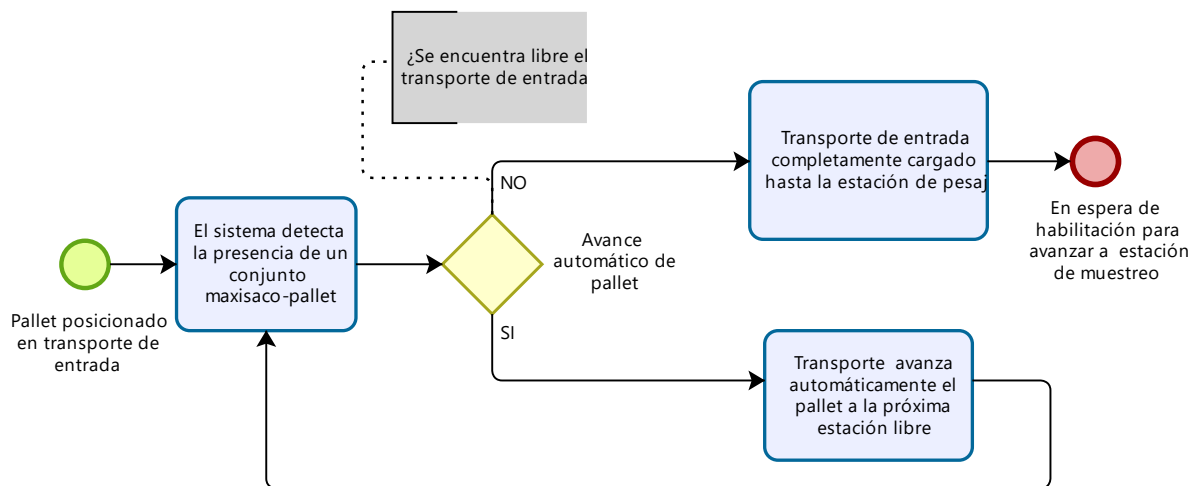


Nota. Imagen de elaboración propia a partir de plano mecánico GTP-08-050-IB-PDG-01

La capacidad del transporte de entrada es de 5 pallet-maxisacos. Actualmente, el desplazamiento es efectuado exclusivamente por un motorreductor designado como 'M1' en la Figura 2.1. Esto implica que el transporte de entrada y su carga se mueven conjuntamente una vez que se añade un pallet-maxisaco. El movimiento está supervisado por sensores que registran la posición de cada pallet-maxisaco. Sin embargo, debido a este enfoque de movimiento conjunto, los traslados no son precisos, resultando en variaciones aleatorias en la distancia entre pallets-maxisacos en cada movimiento. Esta fluctuación ocasiona indicaciones erróneas al sistema de traslación de manera aleatoria. Los movimientos mencionados pueden visualizarse a continuación en la Figura 2-2.

Figura 2-2

Diagrama transporte de entrada (Modo Automático)



Nota. Elaboración propia a partir de la observación del proceso.

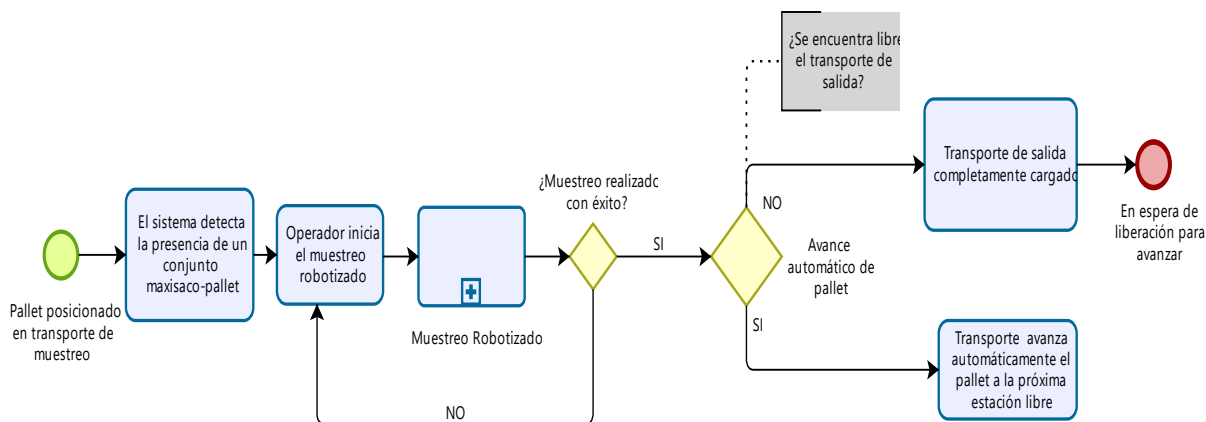
Cuando el maxisaco se posiciona en la zona de pesaje, el operador abre su boca e introduce el número identificador correspondiente en el panel HMI. Posteriormente, habilita el avance hacia la zona de muestreo. Es en este punto donde se presentan la mayoría de las fallas en el transporte. Al iniciar el movimiento hacia la zona de muestreo, se activa el transporte de entrada y, como se mencionó previamente, el desplazamiento irregular de los pallets-maxisacos resulta en falsas indicaciones de posición, generando colisiones entre ellos. Esto ocasiona retrasos en la operación, ya que el operador debe reposicionar tanto el transporte de entrada como la estación de pesaje.

Cuando el operador efectúa esta habilitación, el peso del maxisaco queda registrado y asociado al número identificador del mismo. Una vez que el pallet se posiciona en la zona de muestreo, el operador realiza una verificación visual para asegurarse de que no haya problemas antes de activar el proceso de

muestreo robotizado. Después de que el sistema robotizado completa el muestreo, el pallet avanzará hacia el transporte de salida, siempre y cuando este se encuentre desocupado. A continuación, en la Figura 2-3 se detalla la lógica de funcionamiento.

Figura 2-3

Diagrama transporte de salida (Modo Automático)



Nota. Elaboración propia a partir de la observación del proceso.

2.1.2 Descripción de máquinas y equipos actuales

El sistema de muestreo robotizado se compone de forma general en:

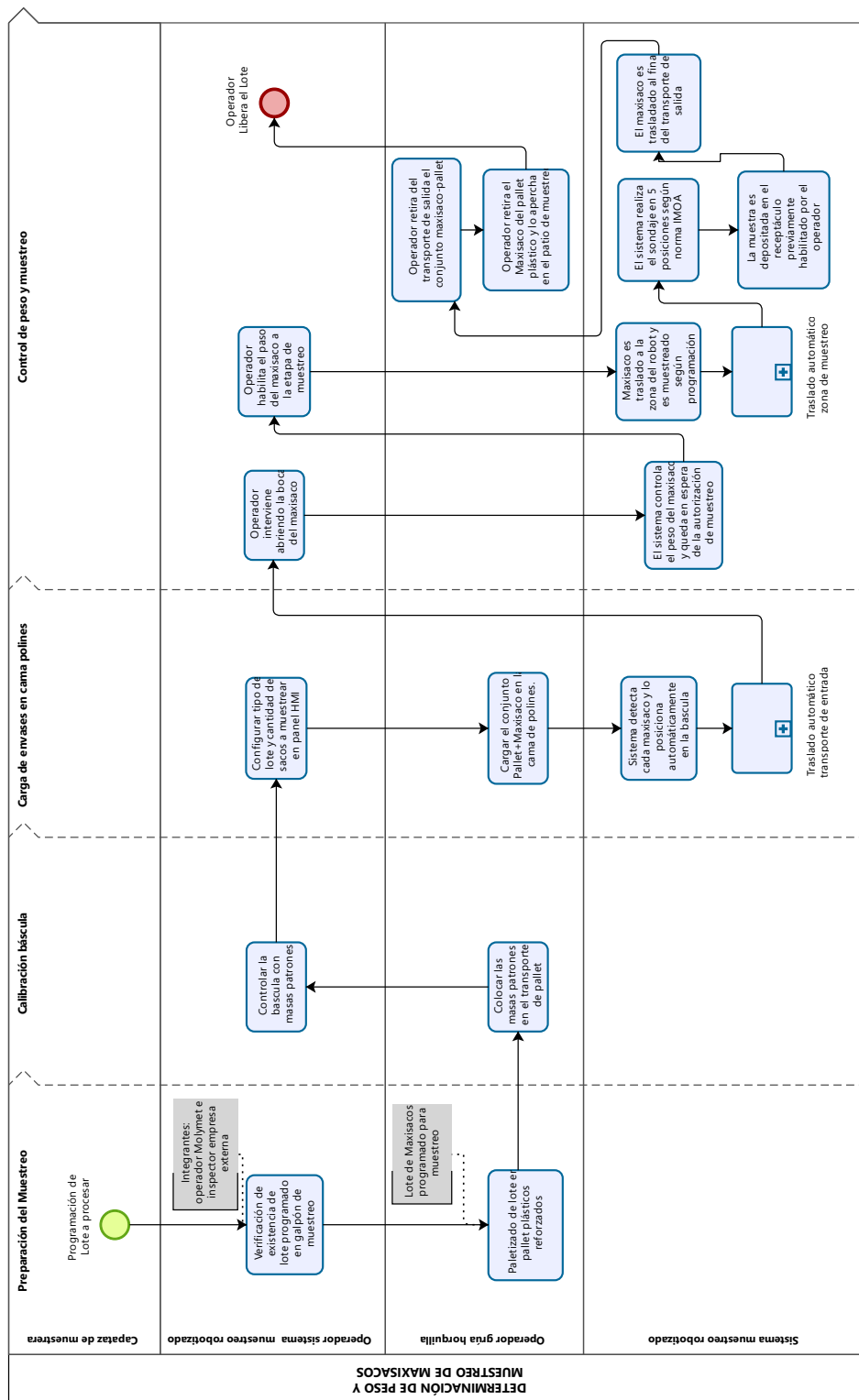
- Un brazo robot que se encarga de tomar las muestras mediante un tornillo sin fin inserto en una lanza (Lanza de muestreo) la cual es la encargada de recolectar la muestra.
- Un grupo de transportes de rodillo, principalmente compuesto por un transporte de entrada, un transporte intermedio (donde se encuentra adosada la estación de pesaje) y un transporte de salida.
- Una zona donde se recepcionan las muestras tomadas por el brazo robot.
- Los tableros de fuerza y control, desde donde se alimenta eléctricamente cada uno de los componentes y además se gobierna tanto de forma automática como manual el sistema robotizado de pesaje y muestreo.

2.1.3 Diagrama de flujo del proceso de muestreo robotizado

A continuación, en la Figura 2-4 se presenta un diagrama de flujo del proceso de muestreo de maxisacos.

Figura 2-4

Diagrama de flujo muestreo robotizado



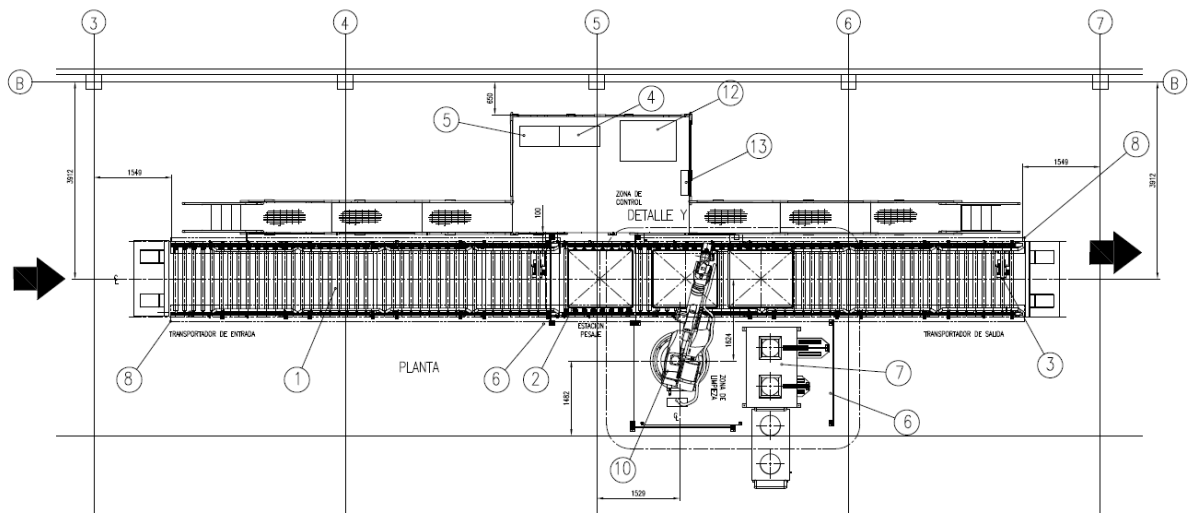
Nota. Elaboración propia a partir de datos recolectados en terreno.

2.1.4 Distribución de plantas, de espacios y layout actual

A continuación, en la Figura 2-5 en conjunto con la Tabla 2-1 se presentan de forma general la distribución de los equipos asociados al muestreo robotizado.

Figura 2-5

Configuración actual transporte de entrada



Nota. Extracto de plano mecánico GTP-08-050-IB-PDG-01

Tabla 2-1

Descripción de Figura 2-5

ITEM	DESCRIPCIÓN SISTEMA	ITEM	DESCRIPCIÓN SISTEMA
1	Transportador de entrada	8	Pull cord
2	Estación de pesaje	9	Pallet Plástico
3	Transportador de salida	10	Manipulador robótico
4	Gabinete de control	11	Herramienta de muestreo
5	Gabinete de fuerza	12	KRC
6	Rejas de protección	13	Pantalla operador
7	Estación de descarga		

Nota. Elaboración propia a partir de plano mecánico GTP-08-050-IB-PDG-01

A continuación, en la Figura 2-6 se presenta una imagen 3D con los equipos descritos en la Figura 2-5 y la Tabla 2-1.

Figura 2-6

Imagen 3D sistema de muestreo robotizado



Nota. Extracto manual de operación GTP-08-050-ID-MOM-02

2.1.5 Costos en consumos de energía actual.

A continuación, se presentan los costos de consumo eléctrico actuales considerando dos turnos de trabajo (Turno A y Turno B), y cinco días laborales (lunes a viernes).

Tabla 2-2

Consumo eléctrico actual área de Muestrera

Situación actual transporte de pallet			
Cantidad	Moto-reductor potencia en [KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
3	2,2	8,02	96,27
Situación actual iluminación planta			
Cantidad	Proyector de área 200W[KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
12	0,02	0,33	4,01
Situación actual equipo de muestreo y periféricos			
Cantidad	Equipo Muestreador y periféricos [KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
1	13,16	15,95	191,43
Situación actual equipos laboratorio de muestrera			
Cantidad	Sector Laboratorio de Muestrera [KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
1	216	261,15	3133,79
Situación actual iluminación laboratorio de muestrera			
Cantidad	Iluminación y computación x sala 500W [KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
12	0,05	0,77	9,23
		[KW/h]	[UF/mes]
Total		236,6	286,23
			[UF/año]
			3434,73

Nota. Elaboración propia con información recatada en terreno.

La anterior tabla se realiza considerando tarifas de un tramo BT4.3, que es el que corresponde a la empresa. A continuación, en la Tabla 2-3 se presentan los datos referentes al tramo de consumo mencionado, considerando la ubicación geográfica de la comuna de San Bernardo:

Tabla 2-3

Extracto de Tarifas de Suministro Eléctrico a Precio de estabilización 2022, 1 de octubre de 2023

Cargo fijo mensual BT4.3 [\$/cliente]	Cargo por uso del sistema de transmisión [\$/kWh]	Cargo por servicio público[\$/kWh]	Cargo por energía[\$/kWh]	Cargo fijo final [\$/KW/h]
1617,48	10,343	3,54	109,178	123,06

Nota. Datos recolectados de la página oficial: <https://www.cge.cl/wp-content/uploads/2023/10/Tarifa-de-Suministro-Elctrico-a-Precio-de-estabilizacion-2023-vigente-desde-el-1-de-octubre-2023.pdf>

2.1.6 Insumos, productos y subproductos.

Para el proceso estudiado se identifican los siguientes ítems, los cuales no son consumibles ya que pertenecen a otra área de la empresa y no constituyen un gasto directo en el área de evaluación:

Insumos: Pallet de madera, Pallet de plástico reforzado, Maxisacos 2Ton, Bolsa recepción muestras.

Productos: Concentrado de molibdenita.

2.1.7 Programas de trabajo actual, descripción de cargos, sueldos.

A continuación, se presenta el detalle de los horarios de trabajo, descripción de cargos y remuneraciones. El programa de trabajo de Molymet contemplan una jornada laboral de 45 horas semanales divididas en cuatro turnos de trabajo principalmente los que se muestran en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4

Turnos rotativos Molymet

Tipo de turno	Horario de trabajo
TURNO A	08:00 - 16:00
TURNO B	16:00 - 24:00
TURNO C	00:00- 08:00
TURNO G	08:00 - 17:30

Nota. Elaboración propia en base a información recolectada

El área de estudio (Muestrera) opera bajo dos turnos, Turno A y Turno B, de lunes a viernes. Todo el personal debe cumplir con el horario mencionado, incluso quienes están con contrato bajo artículo 22. Cualquier tiempo extra, debe ser autorizado previamente por el Gerente de Operaciones. A continuación, en la Tabla 2-5, se presenta la descripción de cargos asociada al área de muestreo robotizado y en la Tabla 2-6, se presentan los cargos, remuneraciones y niveles de estudio del personal.

Tabla 2-5

Descripción de cargos área de Muestrera

CARGOS	DESCRIPCIÓN
Capataz de muestrera	El capataz es el encargado de la supervisión, coordinación, seguridad y control de calidad de las actividades diarias. Encargado de la coordinación con empresas colaboradoras y de gestionar insumos necesarios.
Operador de laboratorio muestras	El operador de Laboratorio de Muestreras es el encargado de la recepción y traslado de muestras de los diferentes lotes procesados en el área. Encargado también del procesamiento asociado a las muestras recolectadas, tales como secado de muestras, recolección de muestras, ingreso de datos en sistema de gestión, entre otras.
Auxiliar laboratorio muestras	El auxiliar de laboratorio de muestrera apoya con tareas menores al operador de laboratorio de muestrera.
Operador sistema robotizado	El operador del sistema robotizado es el encargado de la correcta operación del sistema de muestreo robotizado, teniendo entre sus labores adicionales la coordinación con operador grúa horquilla para el traslado de productos, coordinación con empresas certificadoras, entre otras tareas.
Ayudante sistema robotizado	El ayudante del sistema robotizado apoya con tareas menores al operador de sistema robotizado.
Servicio operador grúa horquilla + Grúa horquilla/ externos	Servicio externo subcontratado por Molymet. El operador de grúa horquilla es el encargado del traslado de los productos a procesar. Apoya directamente al operador de sistema robotizado.

Nota. Elaboración propia en base a descriptor de cargo no actualizado.

Tabla 2-6

Remuneraciones área Muestrera

Cargos	Estudios	Remuneración individual mensual [\$/mes]	Remuneración individual mensual [UF/mes]	Remuneración individual Anual [UF/año]
Capataz de muestrera	Técnico - Universitario	1.300.000	35,47	425,66
Operador de laboratorio muestras	Educación media	850.000	23,19	278,32
Auxiliar laboratorio muestras	Educación media	550.000	15,01	180,09
Operador sistema robotizado	Educación media	900.000	24,56	294,69
Ayudante sistema robotizado	Educación media	800.000	21,83	261,95
Servicio operador grúa horquilla + Grúa horquilla/ externos	Educación media	750.000	20,46	245,57
Total		5.150.000	140,52	1686,27

Nota. Elaboración propia en base a descriptor de cargo. Valores referenciales.

2.2 Situación futura

A continuación, se presentan los antecedentes relacionados con la propuesta de mejora.

2.2.1 Descripción y análisis de la situación futura

A continuación, se presenta una descripción y análisis de lo que se pretende lograr con la modificación en el transporte de pallet.

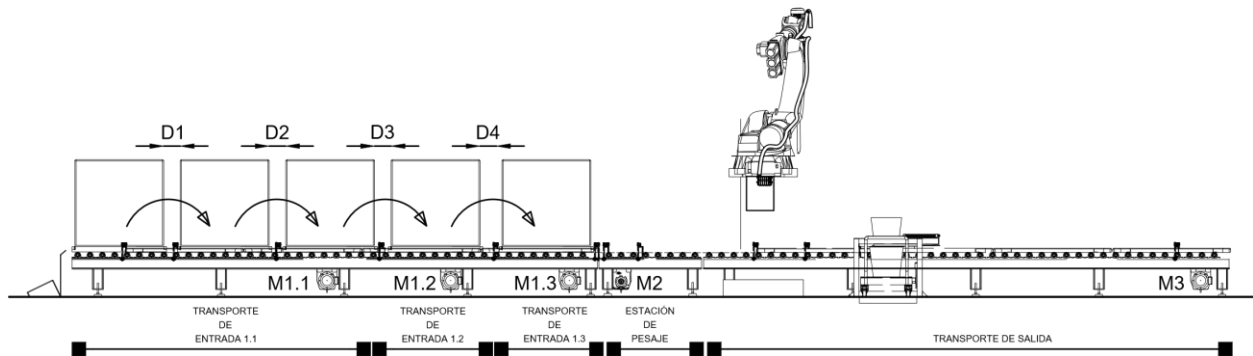
La implementación de una segmentación en el sistema de transporte de entrada brindaría beneficios significativos al reducir la tasa de fallas. Al permitir el control independiente de la entrada y salida de cada pallet en cada estación, se logra un posicionamiento más efectivo. Esto no solo garantiza un control preciso de la ubicación de cada carga, sino que también previene colisiones entre los pallets durante el traslado. Esta estrategia contribuiría a mejorar la eficiencia y la confiabilidad del sistema, reduciendo potencialmente los contratiempos operativos asociados con el movimiento irregular de las cargas.

Según se observa en la Figura 2-7, aunque las distancias D1 y D2 puedan ser diferentes y acumulen un error en el posicionamiento durante el avance de los pallet-maxisacos, al ingresar al siguiente segmento de transporte (M1.2), esta diferencia se corregiría. Este proceso se repite de manera similar al pasar al siguiente transporte (M1.3). A pesar de las variaciones iniciales, la sucesiva corrección en cada segmento de transporte contribuye a mantener un posicionamiento más preciso y uniforme a lo largo del recorrido total, compensando así cualquier desviación acumulada en las distancias anteriores. Este enfoque se convierte en un mecanismo efectivo para mitigar errores de posicionamiento, asegurando un avance más consistente en la trayectoria de los pallet-maxisacos.

Al ejercer control sobre las dos estaciones más cercanas a la zona de pesaje, se logra minimizar las posibles fallas. Esta medida estratégica sería crucial, ya que cualquier error de posicionamiento originado en las primeras estaciones tiene la oportunidad de ser corregido en las dos estaciones finales. Esta capacidad de ajuste en las últimas etapas del proceso no solo sirve para optimizar la precisión del posicionamiento, sino que también actúa como un mecanismo de corrección efectivo para cualquier desviación que pueda surgir durante el trayecto inicial. De esta manera, se fortalece la integridad del sistema, mejorando su capacidad para mantener una ejecución más precisa y confiable en la manipulación de cargas durante todo el recorrido hasta la zona de pesaje. En la Figura 2-7 se presenta el diseño de la segmentación del transporte de entrada.

Figura 2-7

Segmentación transporte de entrada



Nota. Imagen de elaboración propia a partir de plano mecánico GTP-08-050-IB-PDG-01

Finalmente, aunque aún no se posea un control completo sobre el posicionamiento inicial del pallet-maxisaco por parte del operador de grúa horquilla, es importante destacar que este error se considera marginal en comparación con la variabilidad en el avance no uniforme a través de los cinco transportadores de pallet, que es el caso actual de funcionamiento. La segmentación de los últimos dos tramos del transporte de entrada se implementaría con la expectativa de que sea suficiente para corregir cualquier error acumulado que pueda arrastrarse desde los tres primeros segmentos de transporte. Este enfoque se presenta como una solución estratégica para compensar posibles desviaciones, asegurando así un avance más consistente y preciso en la trayectoria de los pallets-maxisacos a lo largo del sistema.

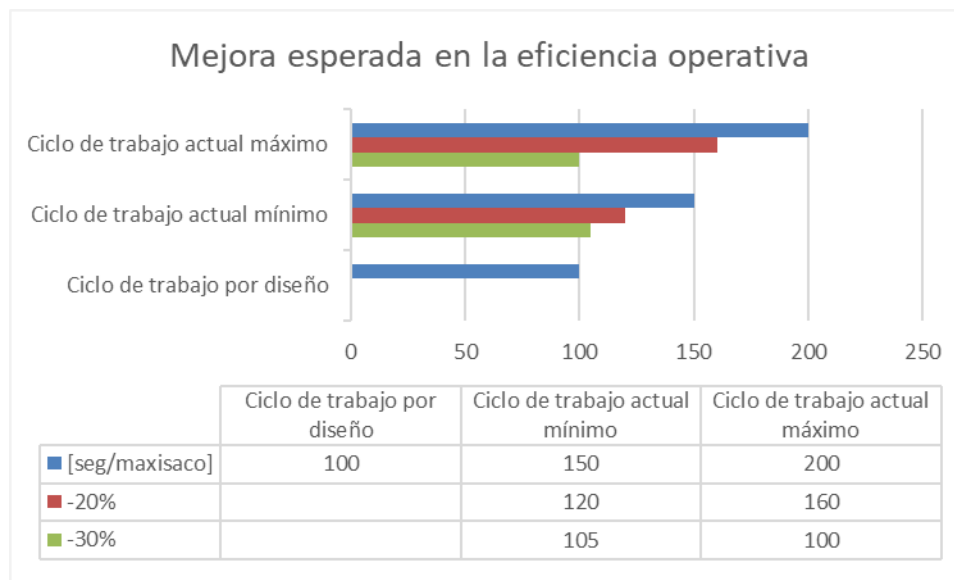
2.2.2 Aspectos Cuantitativos.

Cuantitativamente la mejora en el transportador de pallets se traduce en mejoras tangibles y medibles en varios aspectos clave del proceso como, por ejemplo:

A. Eficiencia Operativa: La velocidad de transporte de pallets se mantiene constante a la definida por diseño, pero las transiciones y posicionamientos serán efectivos, lo que disminuye aproximadamente un 20% a 30% los tiempos totales de procesamiento actuales (entre 120 y 105 [seg/maxisaco]), lo anterior se presenta en el gráfico de la Figura 2-8.

Figura 2-8

Grafico mejora de la eficiencia operativa esperada



Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados en terreno.

En la Tabla 2-7, se indica la velocidad para la cual fue diseñado el transportador de entrada. Cada ciclo de trabajo debiese tomar 100 [seg/maxisaco]. Actualmente el proceso tarda entre 150-200 [seg/maxisaco], cuando no existen problemas atoché o colisiones graves, esto es debido a las reubicaciones que debe efectuar el operador al no quedar el pallet correctamente posicionado en la transición del transporte de entrada y la estación de pesaje.

Tabla 2-7

Características de diseño transporte entrada/salida

TRANSPORTE DE ENTRADA	
Descripción	Sistema de pesaje y Muestreo de Maxisacos de Molibdeno
Capacitada de Maxisacos	1 a 2 Ton
Dimensión de Maxisacos	A [85 130cm] L [90 120cm] A[55 125cm]
Capacidad de carga Transportador Entrada/Salida	10 Ton
Tamaño de Muestra por Maxisaco	[2,5 4 Kg]
Ciclos de Trabajo diseño	100 Seg/maxisacos
Accionamiento robot	Eléctrico 400volt
Tipo de Transportadores	Polines
Accionamiento transportadores	Eléctrico 380Volt

Nota. Elaboración propia a partir de información del manual de operación GTP-08-050-ID-MOM-01

Variedad de Formatos: Con la segmentación del transportador de entrada se espera que mejore el transporte de diferentes formatos de maxisacos al poseer independencia en la detección y movimiento de

las cargas. Actualmente a pesar de utilizar el mismo pallet de plástico reforzado para el proceso de muestreo, los maxisacos provenientes de los diferentes clientes aportan en las fallas de atache y colisión, esto al poseer diferentes dimensiones. Con la segmentación del transporte de entrada se debe ajustar la programación de control de posición, lo que permitirá el correcto traslado de los pallets+maxisacos.

B. Reducción de Averías: Se prevé una disminución del 90% en las colisiones y choques del transportador gracias a la segmentación de los transportes y el ajuste de la programación, a causa del incremento en los segmentos del transporte de entrada. Lo anterior ataca directamente los dos problemas de mayor puntuación detectados en la Tabla 1-1.

2.2.3 Aspectos cualitativos

Además de los aspectos cuantificables, la implementación de la mejora en el transportador de pallets prevé un impacto positivo en aspectos cualitativos claves tales como:

A. Calidad del Producto: Los productos transportados ahora experimentan menos daños y manipulación durante el proceso, lo que ha mejoraría la calidad general, reduciendo los residuos y posibles inconformidades en la recepción por parte de los clientes.

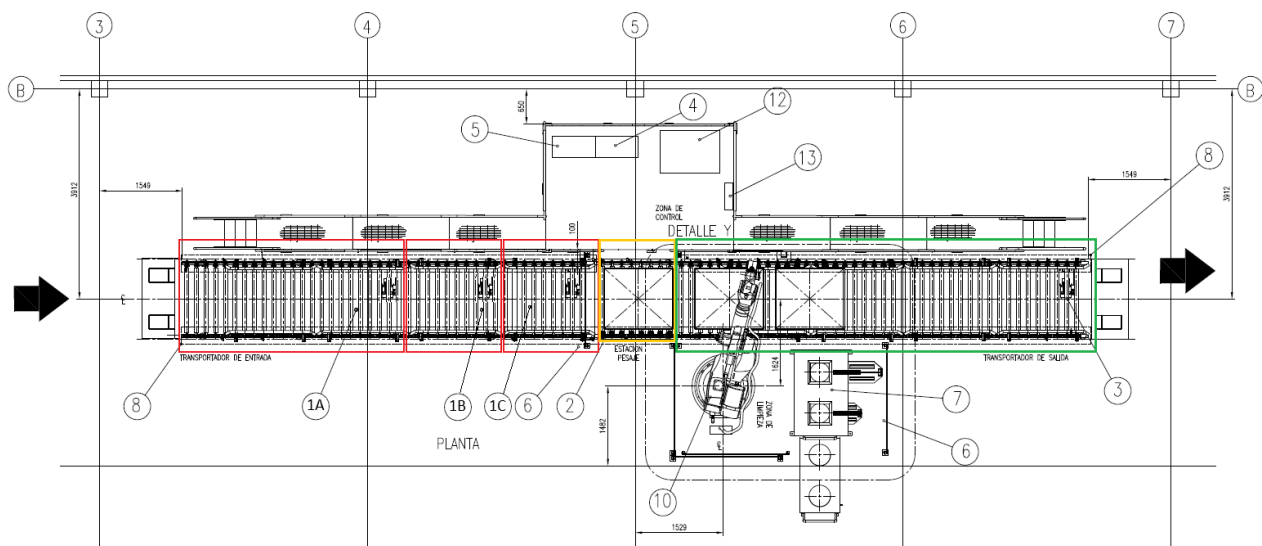
B. Experiencia del Operador: Los operadores tendrían una mayor satisfacción en su trabajo debido a la facilidad de uso del nuevo transportador, lo que conllevaría a un aumento en la salud mental, moral y la colaboración en el equipo de trabajo.

C. Seguridad Laboral: La mejora contribuiría a un ambiente de trabajo más seguro al reducir los riesgos asociados a las intervenciones por parte del operador con el transporte de pallets y minimizar la posibilidad de accidentes. Además, se reduce el riesgo de sufrir trastornos musculoesqueléticos a consecuencia del muestreo manual, tarea que conlleva un gran desgaste físico y un probable daño acumulativo para los operadores y que debe ejecutarse si el muestreo robotizado no se encuentra disponible.

2.2.4 Distribución de plantas, de espacios y layout situación futura

A continuación, mediante la Figura 2-9 y la Tabla 2-8 se presenta una vista general aérea de la distribución de los equipos.

Figura 2-9
Configuración propuesta del transporte de entrada



Nota. Imagen de elaboración propia a partir de plano mecánico GTP-08-050-IB-PDG-01

Tabla 2-8
Descripción de Figura 16: Configuración propuesta del transporte de entrada

ITEM	DESCRIPCIÓN SISTEMA	ITEM	DESCRIPCIÓN SISTEMA
1A	Transportador de entrada	7	Estación de descarga
1B	Transportador de entrada	8	Pull cord
1C	Transportador de entrada	9	Pallet Plástico
2	Estación de pesaje	10	Manipulador robótico
3	Transportador de salida	11	Herramienta de muestreo
4	Gabinete de control	12	KRC
5	Gabinete de fuerza	13	Pantalla operador
6	Rejas de protección		

Nota. Elaboración propia a partir de plano mecánico GTP-08-050-IB-PDG-01

2.2.5 Evaluación electromecánica

Al realizar una comparación electromecánica entre la situación actual y la futura, siempre teniendo en cuenta las franjas horarias establecidas, se destaca que, a pesar de la inclusión de dos equipos electromecánicos adicionales en la situación futura, la reducción en su tiempo total de funcionamiento

anticipa un ahorro energético. Además, como se señala en los puntos anteriores, la integración de estos equipos proyecta una mejora significativa en la precisión de los traslados, lo que repercute positivamente en la eficiencia del transporte de pallets. A continuación, en la tabla 2-9 se presentan los consumos eléctricos de la situación actual y situación futura para su comparación y contraste.

Tabla 2-9

Comparativa energética de situación actual v/s futura

Situación actual						Situación futura					
Ubicación	Cantidad	Tipo	[KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]	Ubicación	Cantidad	Tipo	[KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
Transporte de pallet	3	Moto-reductor	2,2	8,02	96,19	Transporte de pallet	5	Moto-reductor	2,2	6,77	81,29
Iluminación galpón muestreo	12	Proyector de área 200W	0,02	0,33	4,01	Iluminación galpón muestreo	12	Proyector de área 200W	0,02	0,19	2,30
Equipo de muestreo y periféricos	1	Equipo Muestreador y periféricos	13,16	15,95	191,27	Equipo de muestreo y periféricos	1	Equipo Muestreador y periféricos	13,16	8,10	97,15
Equipos laboratorio de muestrera	1	Sector Laboratorio de Muestrera	216	261,15	3131,17	Equipos laboratorio de muestrera	1	Sector Laboratorio de Muestrera	216	132,19	1586,23
Iluminación laboratorio de muestrera	12	Iluminación y computación x sala 500W	0,05	0,77	9,23	Iluminación laboratorio de muestrera	12	Iluminación y computación x sala 500W	0,05	0,41	4,94
			[KW/h]	[UF/mes]	[UF/año]				[KW/h]	[UF/mes]	[UF/año]
Total			231,43	285,99	3431,86	Total			231,43	147,66	1771,90

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados en terreno

2.3 Propuesta de cálculo de materiales, cálculo de costos consumos de energía, cálculo de costos HH asociados al proyecto.

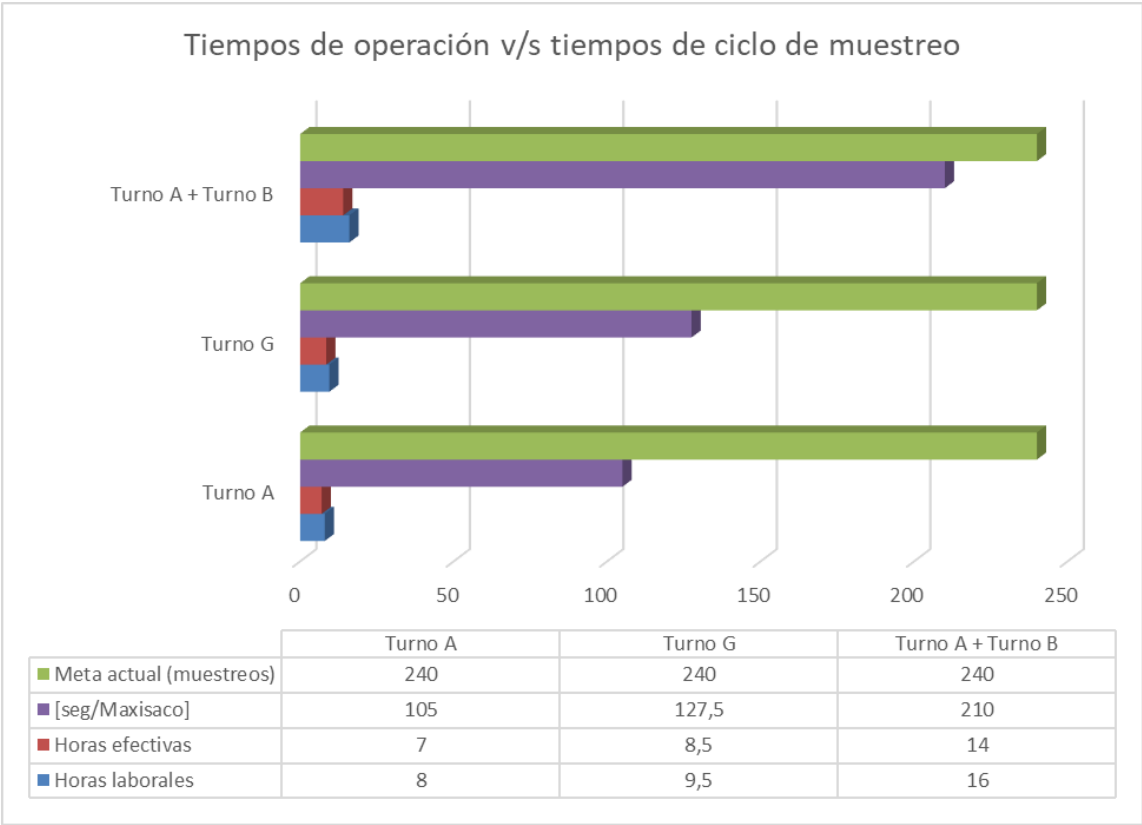
A continuación, se detallan las propuestas de cálculos asociados a la implementación del proyecto basados en la situación futura proyectada.

2.3.1 Propuesta de programas de trabajo, descripción de cargos, sueldos.

Las franjas horarias de trabajo se mantienen idénticas en la situación actual y situación futura, el cambio está en que con la mejora se contempla la necesidad de solo un turno de trabajo y se propone que este sea el Turno G, cuya franja horaria es de 08:00 A.M a 17:30 P.M. En la Figura 2-10, se aprecia que la meta de procesamiento permanece constante.

Figura 2-10

Grafico comparativa tiempos de muestreo v/s tiempo ciclo



Nota. Elaboración propia en base a información recolectada en planta

La propuesta de mejora prevé una disminución, en el rango del 20% al 30%, en los tiempos de ciclo de procesamiento. Esta disminución se visualiza como suficiente para viabilizar un ajuste en la franja horaria laboral, dado que los tiempos resultantes se sitúan dentro del límite de 127.5 [seg/maxisaco], ver Figura 2-8. Este ajuste no solo permite alcanzar los objetivos de ahorro de personal y energía delineados en el presente estudio de prefactibilidad, sino que también optimiza la eficiencia operativa del proceso de muestreo.

La descripción de cargos se mantiene igual en ambas situaciones, ver Tabla 2-5, ya que no cambia la estructura, solo se optimiza el funcionamiento del sistema de muestreo robotizado lo que hace necesario solo un turno de trabajo en lugar de dos para cumplir la meta diaria. Las remuneraciones tampoco sufren modificaciones, consultar Tabla 2-6.

2.3.2 Inversiones en equipos

A continuación, en la Tabla 2-10, se detallan equipos e insumos necesarios para la ejecución del proyecto. Los valores indicados son valores aproximados obtenidos desde páginas de vendedores autorizados.

Tabla 2-10

Materiales e insumos del proyecto

ITEM	Descripción	Valor [\$]	Unidad	Cantidad a utilizar [C/U]	Cantidad a utilizar [tiempo/días]	Total [\$]
1	Cable profesional Top Cable RV-K 4x2,5	2.298	metro	17		39.066
2	Flexible Met L/Halógeno	4.572	metro	4		18.288
3	Conector p/fi C/PVC 25mm (5 unid)	4.166	unidades	1		4.166
4	Ferretería eléctrica y mecánica de montaje	50.000	Varios	1		50.000
5	Variador de frecuencia, POWERFLEX 525, 2.2Kw, 380-480Vac, IP20, 6A, Cod.25B-D6PON104	825.144	unidad	2		1.650.288
6	Interruptor automático 3x10A,400Vac,10kA, curva C	80.419	unidad	2		160.838
7	Interruptor automático 3x63A,400Vac,10kA, curva C	128.344	unidad	1		128.344
8	Contacto Allen Bradley 100-C09	71.005	unidad	2		142.009
9	MOTO-REDUCTOR COAXIAL 380 Vac, con freno 24 VDC	1.061.635	unidad	2		2.123.270
10	PIÑONES CONDUCCIDOS SIMPLES Z25	42.711	unidad	0		0
11	PIÑONES CONDUCTORES DOBLES Z25	87.911	unidad	2		175.822
12	PIÑONES CONDUCTORES DOBLES Z19	54.085	unidad	1		54.085
13	CADENA BS PASO 3/4" SIMPLE x metro	8.540	unidad	6		51.242
14	CADENA BS PASO 3/4" DOBLE x metro	17.091	unidad	6		102.543
TOTAL NETO [\$]						4.699.961
TOTAL NETO [UF]						128,14

Nota. Elaboración propia a partir de datos proyectados en cotizaciones independientes.

2.3.3 Costos de instalación y puesta en marcha

A continuación, en la Tabla 2-11, se detallan los costos más relevantes para la ejecución del proyecto. Los valores indicados son valores aproximados obtenidos desde cotizaciones con distribuidores y empresas contratistas del rubro de proyectos eléctricos.

Particularmente se considera para la puesta en marcha de la presencia del Ingeniero en automatización, Supervisor eléctrico, Técnico eléctrico certificado SEC y el Técnico mecánico. Este equipo sería el encargado de las pruebas de funcionamiento.

Tabla 2-11

Estimación de personal necesario para la instalación y puesta en marcha.

ITEM	Descripción	Valor [\$]	Unidad	Cantidad a utilizar [C/U]	Cantidad a utilizar [tiempo/días]	Total [\$]
1	Ing. en Automatización Subcontratista (18UF x día)	660.233	día	1	5	3.301.166
2	Supervisor	8.500	hra	9	3	229.500
3	Técnico eléctrico certificado SEC	7.700	hra	9	3	207.900
4	Técnico montajista eléctrico	7.500	hra	9	3	202.500
5	Dibujante planos eléctricos_Subcontratista (50 laminas x día)	70.000	día	1	1	70.000
6	Prevencionista de riesgos	7.000	día	0	0	0
7	Ayudante eléctrico	6.000	día	9	3	162.000
8	Técnico mecánico	7.500	día	9	3	202.500
9	Ayudante mecánico	6.000	día	9	3	162.000
10	Equipos y herramientas	35.000	día	1	3	105.000
11	Movilización y transporte	4.000	día	6	3	72.000
12	EPP de la actividad	9.000	faena	6		54.000
13	Colación	4.600	día	6	3	82.800
TOTAL NETO [\$]						4.851.366
TOTAL NETO [UF]						132,26

Nota. Elaboración propia a partir de datos proyectados.

2.3.4 Costos consumo de energía proyectado

Para el presente caso de estudio, la situación futura proyectada posee 3 secciones en el transporte de entrada, lo que aumenta a un total de 5 los motorreductores del transporte de pallet.

A continuación, en la Tabla 2-12 se presentan los costos asociados al consumo de energía proyectado.

Tabla 2-12*Costos consumos de energía proyectados*

Situación futura					
Ubicación	Cantidad	Tipo	[KW/h]	Costos Mensuales [UF/mes]	Costos anuales [UF/año]
Transporte de pallet	5	Moto-reductor	2,2	6,77	81,29
Iluminación galpón muestreo	12	Proyector de área 200W	0,02	0,19	2,30
Equipo de muestreo y periféricos	1	Equipo Muestreador y periféricos	13,16	8,10	97,15
Equipos laboratorio de muestrera	1	Sector Laboratorio de Muestrera	216	132,19	1586,23
Iluminación laboratorio de muestrera	12	Iluminación y computación x sala 500W	0,05	0,41	4,94
			[KW/h]	[UF/mes]	[UF/año]
Total			231,43	147,66	1771,90

Nota. Elaboración propia a partir de datos obtenidos en terreno.

2.3.5 Costos de imprevistos

Relacionado a los montos de resguardo frente a imprevistos indicados en la Tabla 2-13, se decidió el resguardar el 10% de los costos generales del proyecto lo que es igual a UF 26,04 esto para estar preparados ante la necesidad de cubrir algún incumplimiento o retraso en la entrega de materiales, insumos u otro adicional relacionado con la puesta en servicio.

Tabla 2-13*Resumen costos del proyecto y monto de resguardo*

ITEM	Descripción	Total
1	Personal del proyecto y puesta en marcha	4.851.366
2	Materiales e insumos del proyecto	4.699.961
Total Neto ITEM 1 + ITEM 2		9.551.327

10% resguardo de imprevistos [\$]	955.133
10% resguardo de imprevistos [UF]	26,04

Nota. Elaboración propia a partir de datos recolectados

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONOMICA

3 Evaluación económica

A continuación, se presentan los datos relacionados con la evaluación económica del proyecto.

3.1 Consideraciones para utilizar

Para el ejercicio académico se debe considerar la evaluación del proyecto en diversos escenarios económicos, y la manera más eficiente es realizarlo mediante un flujo de caja. Para este caso se considera la aplicación del flujo de caja puro y con financiamiento al 50% y al 75%.

Se considera como precio por unidad procesada o muestreada el monto de UF 0,35. Este valor no es el real, pero será el que se ocupe para este caso de estudio.

Para los cálculos se considera un número fijo de muestreos anuales que corresponde al promedio de muestreos entre los años 2020 al 2022. El número de muestreos es 34183.

3.1.1 Horizonte del proyecto

Se decide que el horizonte del proyecto corresponda a 5 años, que es el tiempo en que se deprecian los activos del presente proyecto de forma acelerada, y debiese ser un horizonte en el cual se aprecie si la inversión es rentable o no.

3.1.2 Tasa de descuento

La tasa de descuento corresponde a la determinación de la rentabilidad mínima aceptable que se espera del proyecto. Permitirá determinar el valor del dinero en el tiempo y calcular el valor actual del capital del proyecto a futuro, ante una inversión efectuada en el presente.

Para el cálculo de la tasa de descuento se utilizará el modelo de valoración de activos financieros también conocido por la sigla CAPM la cual es una de las herramientas más utilizadas en el área financiera para determinar la tasa de retorno requerida para un cierto activo.

La fórmula financiera se indica en la Figura 3-1 presentada a continuación:

Figura 3-1

Formula financiera tasa de descuento modelo CAMP

$$CAMP = Ke = R_f + \beta * (R_m - R_f)$$

Nota. Elaboración propia a partir de fórmula financiera de página especializada

Donde:

- Ke = Costo Capital o Tasa de descuento. (K.equity)
- R_f = Tasa activo libre de riesgo. (Rate free risk)
- R_m = Rentabilidad del mercado esperado.
- β (beta) = Coeficiente de riesgo para tipo de negocio.

En este caso, usaremos los siguientes valores para el cálculo de la tasa de descuento:

- ❖ R_f = Corresponde al rendimiento de los bonos de Chile a 10 años, 5.49%
https://es.investing.com/rates-bonds/chile-government-bonds?maturity_from=40&maturity_to=180
- ❖ $(R_m - R_f)$ = Prima de riesgo del país según página financiera especializada, 5.84%
https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
- ❖ β (beta) = Corresponde al rubro “Metales y Minería” del año 2024 según página financiera especializada, es 1.29
https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Finalmente, la tasa de descuento asociada al proyecto se presenta en la Figura 3-2:

Figura 3-2

Valor de tasa de descuento asociada al proyecto según modelo CAMP

$$CAMP = Ke = 5,49\% + 0,96*(5,84\%) = 11,10\%$$

Nota. Calculo de elaboración propia en base a formula financiera CAMP. Valores tomados de la página del profesor Aswath Damodaran y la pagina financiera INVESTING, ambos actualizados al 2024.

3.1.3 Moneda a utilizar

Para el estudio y efectos de la confección del flujo de caja, de costos y pagos, se utilizará la Unidad de Fomento (Chile, 2023)(UF), correspondiente al día 09 enero 2024: UF \$ 36.679,62.

3.1.4 Impuestos

Dada la naturaleza de la empresa respecto a su actividad económica es que esta es categorizada por el Servicio de Impuestos Internos (SII) en alguna categoría tributaria (SII, 2023), con el fin de acotar el tipo de impuesto al que se debe acoger. En la Tabla 3-1 se visualizan los datos correspondientes.

Tabla 3-1

Extracto listado de códigos actividad económica SII

Código	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y OTROS METALES NO FERROSOS	Afecto a IVA	Categoría Tributaria	Disponible Internet
242009	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y DE OTROS METALES NO FERROSOS N.C.P.	SI	1	Si

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados desde página oficial del SII

El Impuesto de Primera Categoría (SII, 2023) se aplica a las ganancias generadas a partir de inversiones de capital y afecta a empresas de diversos sectores, como el comercio, la industria, la minería, los servicios, etc. A continuación, en la Tabla 3-2 se indica el impuesto asociado a la empresa Molymet.

Tabla 3-2

Extracto tabla de impuesto a la renta primera categoría

Año Tributario	Año Comercial	Tasa	Circular SII
2019 y sgtes.	2018 y sgtes.	0,27	N° 52, 10.10.2014

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados desde página oficial del SII

3.1.5 Depreciación

La depreciación se refiere a la disminución del valor de un activo tangible con el tiempo debido al desgaste, el uso, la obsolescencia, inmovilización u otros factores. Esta disminución se registra en los estados financieros como un gasto no efectivo, lo que significa que no implica un flujo de efectivo real, pero refleja la pérdida de valor de los activos de la empresa con el tiempo. Cuando el bien es utilizado para generar ingresos, este sufre un desgaste normal durante su vida útil que al final lo lleva a ser inutilizable. La cuota anual por concepto de depreciación de los activos es determinada de acuerdo con la vida útil del bien fijada por el Servicio de Impuesto Internos (SII), para este caso se extraen los valores de la “Nueva Tabla de Vida Útil” (SII, 2023) fijada por el Servicio de Impuestos Internos para bienes físicos del activo inmovilizado, según Resolución N°43, de 26-12-2002, con vigencia a partir del 01-01-2003. En este caso, se utilizará una depreciación acelerada, debido a las características de los bienes materiales y a la duración del proyecto en sí. A continuación, en la Tabla 3-3 se presentan los datos relacionados.

Tabla 3-3

Extracto de nueva tabla del SII, Resolución N°43, 26-12-2002, Vigencia a partir del 01-01-2023

A) ACTIVOS GENERICOS	NUEVA VIDA UTIL NORMAL	DEPRECIACIÓN ACELERADA
15) Maquinarias y equipos en general.	15	5
8) Instalaciones en general (ejemplos: eléctricas, de oficina, etc.)	10	3

Nota. Elaboración propia a partir de información obtenida de página SII.

3.1.6 Reinversión

No se consideran reinversiones para este caso de estudio.

3.1.7 Análisis de riesgo

El análisis de riesgos es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados, así como los daños y consecuencias que éstas puedan producir. Se trata de un proceso sistemático que planifica, identifica, analiza, responde y controla los riesgos de un proyecto.

A continuación, en la Tabla 3-4 y Figura 3-3 se presentan los riesgos identificados asociados a la ejecución del proyecto.

Tabla 3-4

Riesgos identificados a la ejecución del proyecto. (Matiz de riesgo)

Riesgo	Probabilidad (ocurrencia)	Gravedad (impacto)	Valor del riesgo	Nivel de riesgo
Incumplimiento ejecución de trabajos contratistas	2	5	10	Importante
Retraso entrega de repuestos	3	5	15	Muy grave
Aumento de costos de equipos	3	3	9	Importante
Aumento de costos materiales eléctricos	3	3	9	Importante
Escases de equipos o materiales	1	5	5	Apreciable
Baja de flujo de trabajo	3	4	12	Importante
Incertidumbre política	3	4	12	Importante
Incumplimiento pagos a proveedores	1	5	5	Apreciable
Aumento de la competencia	4	4	16	Muy grave

Nota. Elaboración propia en base a datos de expertos.

Figura 3-3

Criterio de ponderación matriz de riesgo.

			Gravedad (impacto)				
			Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
			1	2	3	4	5
Probabilidad	Muy alta	5	5	10	15	20	25
	Alta	4	4	8	12	16	20
	Media	3	3	6	9	12	15
	Baja	2	2	4	6	8	10
	Muy baja	1	1	2	3	4	5

	Riesgo muy grave. Requiere medidas preventivas urgentes.
	Riesgo importante. Medidas preventivas obligatorias.
	Riesgo apreciable. Estudiar si es posible reducir el riesgo
	Riesgo Marginal. No requiere medidas preventivas de partida.

Nota. Elaboración propia en base a datos de expertos.

En base a la información de la matriz de riesgo, el ingreso de nuevos competidores en el mercado, los incumplimientos de proveedores y el aumento de los costos de los equipos y materiales serian riesgos que se deben controlar, por lo tanto, para el análisis de sensibilización se considerarán dos variables de sensibilización, la primera será el precio del servicio conocido como “precio por muestreo” y la segunda variable será el costo directo de las remuneraciones de la operación.

3.2 Proyecto puro

A continuación, se presenta la evaluación del proyecto puro, que constituye un esfuerzo concreto y limitado que comienza con una inversión inicial del 100%, aportada por accionistas, con la expectativa de generar flujos de efectivo positivos a lo largo de su periodo de vigencia. Todos los valores en el flujo de caja se encuentran en [UF], con excepción de la tasa de descuento que es un valor en porcentaje [%].

3.2.1 Flujo de caja sin financiamiento

La evaluación del proyecto se llevará a cabo sin financiamiento externo, como se detalla en la Tabla 3-5. Sera exclusivamente con la contribución de los socios, inversionistas o accionistas.

Tabla 3-5

Flujo de caja sin financiamiento. (Proyecto puro)

Período	0	1	2	3	4	5
Ingresos		11.964,19	11.964,19	11.964,19	11.964,19	11.964,19
Egresos		-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46
Utilidad operacional		7.507,73	7.507,73	7.507,73	7.507,73	7.507,73
Depreciación		-33,60	-33,60	-33,60	-13,67	-13,67
Intereses crédito largo plazo		0,00	0,00	0,00		
Pérdida ejercicio anterior						
Venta de activo						
Valor libro						
Utilidad antes de impuestos		7.474,14	7.474,14	7.474,14	7.494,06	7.494,06
Impuestos [27%]		-2.018,02	-2.018,02	-2.018,02	-2.023,40	-2.023,40
Utilidad después de impuestos		5.456,12	5.456,12	5.456,12	5.470,67	5.470,67
Depreciación		33,60	33,60	33,60	13,67	13,67
Pérdida ejercicio anterior						
Valor libro						
Amortización crédito largo plazo		0,00	0,00	0,00		
Inversión en activos fijos		-128,14				
Inversión en puesta en marcha		-132,26				
Inversión en imprevistos		-26,04				
Inversión en capital de trabajo		0,00				
Recuperación capital de trabajo						0,00
Valor de desecho del proyecto						
Recuperación de IVA						
Flujo antes de financiamiento	-286,44	5.489,72	5.489,72	5.489,72	5.484,34	5.484,34
Crédito largo plazo	0,00					
Aporte inversionistas	0,00					
Flujo de caja	-286,44	5.489,72	5.489,72	5.489,72	5.484,34	5.484,34
Tasa de descuento [%]		0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
Flujo de caja actualizado (Valor Actual)	-286,44	4.941,40	4.447,85	4.003,59	3.600,18	3.240,59
Flujo de caja acumulado (VAN)	-286,44	4.654,96	9.102,81	13.106,40	16.706,58	19.947,18

Nota. Elaboración propia en base a datos recopilados a lo largo de la evaluación del proyecto.

3.2.2 Indicadores económicos

A continuación, en la Tabla 3-6 se presentan los indicadores económicos enunciados en el punto 1.2.5, de acuerdo con los resultados del flujo de caja para el proyecto sin financiamiento o proyecto puro.

Tabla 3-6

Resumen de indicadores Proyecto Puro

Indicador	Valor
VAN	19.947,18
TIR	1916,54%
PRI	0,20

Nota. Elaboración propia a partir de la Tabla 3-5

3.2.3 Rentabilidad del proyecto puro

De acuerdo con los resultados obtenidos en el flujo de caja sin financiamiento, se obtuvo un VAN de UF 19.947,18. En este caso el proyecto resulta potencialmente rentable y puede generar un rendimiento neto positivo para la empresa. Por otra parte, la TIR de 1.916,54% indica que la inversión en el proyecto tiene el potencial de crear valor para la empresa, ya que supera la tasa de descuento utilizada. Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión es de 2 meses y 13 días, lo que es un periodo razonable considerando que el horizonte del proyecto es de 5 años.

3.3 Proyecto con financiamiento

Para la evaluación del proyecto se solicita generar la evaluación de este bajo dos escenarios financiados, uno con 50% de financiamiento y otro con 75% de financiamiento.

3.3.1 Flujo de caja con financiamiento del 50%

A continuación, como se detalla en la Tabla 3-7, se presenta el flujo de caja asociado al proyecto financiado al 50%, lo que corresponde a un monto de UF 143,22 de préstamo. El monto total a pago es de UF 158,10, lo anterior considerando seguros, timbres y otros. La tasa de interés anual para crédito en UF es de 3,78% para un periodo de 3 años (Banco Estado, 2023).

Tabla 3-7

Flujo de caja con financiamiento del 50%

Período	0	1	2	3	4	5
Ingresos		11.964,19	11.964,19	11.964,19	11.964,19	11.964,19
Egresos		-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46
Utilidad operacional		7.507,73	7.507,73	7.507,73	7.507,73	7.507,73
Depreciación		-33,60	-33,60	-33,60	-13,67	-13,67
Intereses crédito largo plazo		-5,10	-3,15	-1,11		
Pérdida ejercicio anterior						
Venta de activo						
Valor libro						
Utilidad antes de impuestos		7.469,03	7.470,99	7.473,03	7.494,06	7.494,06
Impuestos [27%]		-2.016,64	-2.017,17	-2.017,72	-2.023,40	-2.023,40
Utilidad después de impuestos		5.452,39	5.453,82	5.455,31	5.470,67	5.470,67
Depreciación		33,60	33,60	33,60	13,67	13,67
Pérdida ejercicio anterior						
Valor libro						
Amortización crédito largo plazo		-5,10	-3,15	-1,11		
Inversión en activos fijos	-128,14					
Inversión en puesta en marcha	-132,26					
Inversión en imprevistos	-26,04					
Inversión en capital de trabajo	0,00					
Recuperación capital de trabajo						0,00
Valor de desecho del proyecto						
Recuperación de IVA						
Flujo antes de financiamiento	-286,44	5.480,89	5.484,27	5.487,80	5.484,34	5.484,34
Crédito largo plazo	143,22					
Aporte inversionistas	0,00					
Flujo de caja	-143,22	5.480,89	5.484,27	5.487,80	5.484,34	5.484,34
Tasa de descuento [%]		0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
Flujo de caja actualizado (Valor Actual)	-143,22	4.933,45	4.443,43	4.002,20	3.600,18	3.240,59
Flujo de caja acumulado (VAN)	-143,22	4.790,24	9.233,67	13.235,87	16.836,05	20.076,64

Nota. Elaboración propia en base a datos recopilados a lo largo proyecto.

A continuación, en la Tabla 3-8 y Tabla 3-9 se detallan datos relacionados al crédito financiero asociado al proyecto.

Tabla 3-8

Resume de crédito 50% del monto del proyecto.

Tabla de amortización crédito cuota fija, 50% del proyecto		
Descripción	Monto [\$]	Monto [UF]
Interés mensual	0,32%	
Periodos crédito	36	
Cuota fija mensual	170.798	4,66
Monto préstamo	5.253.230	143,22
Seguros, timbres y otros	545.811	14,88
Total del Crédito	5.799.041	158,10

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados.

Tabla 3-9*Resumen abono capital e interés anual del crédito*

Descripción	Abono capital crédito [UF]	Interés [UF]
Periodo 1	50,78	5,10
Periodo 2	52,73	3,15
Periodo 3	54,60	1,11

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados**3.3.2 Indicadores económicos**

A continuación, en la Tabla 3-10 se presentan los indicadores económicos enunciados en el punto 1.2.5 de acuerdo con los resultados del flujo de caja para el proyecto con financiamiento del 50%.

Tabla 3-10

Resumen de indicadores proyecto con 50% de financiamiento

Indicador	Valor
VAN	19.933,42
TIR	1913,52%
PRI	0,18

Nota. Elaboración propia en base a Tabla 3-7**3.3.3 Rentabilidad del proyecto con financiamiento 50%**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el flujo de caja sin financiamiento, se obtuvo un VAN de UF 19.993,42. En este caso el proyecto resulta potencialmente rentable y puede generar un rendimiento neto positivo para la empresa. Por otra parte, la TIR de 1.913,52% indica que la inversión en el proyecto tiene el potencial de crear valor para la empresa, ya que supera la tasa de descuento utilizada. Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión es de 2 meses y 4 días, lo que es un periodo razonable considerando que el horizonte del proyecto es de 5 años.

3.3.4 Flujo de caja con financiamiento del 75%

A continuación, se presenta el flujo de caja asociado al proyecto financiado al 75%, lo que corresponde a un monto de UF 214,83 de préstamo. El monto total a pago es de UF 237,15, lo anterior considerando seguros, timbres y otros. La tasa de interés anual para crédito en UF es de 3,78% para un periodo de 3 años.

Tabla 3-11

Flujo de caja con financiamiento del 75%

Período	0	1	2	3	4	5
Ingresos		11.964,19	11.964,19	11.964,19	11.964,19	11.964,19
Egresos		-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46	-4.456,46
Utilidad operacional		7.507,73	7.507,73	7.507,73	7.507,73	7.507,73
Depreciación		-33,60	-33,60	-33,60	-13,67	-13,67
Intereses crédito largo plazo		-7,65	-4,72	-1,66		
Pérdida ejercicio anterior						
Venta de activo						
Valor libro						
Utilidad antes de impuestos		7.466,48	7.469,41	7.472,47	7.494,06	7.494,06
Impuestos [27%]		-2.015,95	-2.016,74	-2.017,57	-2.023,40	-2.023,40
Utilidad después de impuestos		5.450,53	5.452,67	5.454,91	5.470,67	5.470,67
Depreciación		33,60	33,60	33,60	13,67	13,67
Pérdida ejercicio anterior						
Valor libro						
Amortización crédito largo plazo		-7,65	-4,72	-1,66		
Inversión en activos fijos	-128,14					
Inversión en puesta en marcha	-132,26					
Inversión en imprevistos	-26,04					
Inversión en capital de trabajo	0,00					
Recuperación capital de trabajo						0,00
Valor de desecho del proyecto						
Recuperación de IVA						
Flujo antes de financiamiento	-286,44	5.476,48	5.481,54	5.486,84	5.484,34	5.484,34
Crédito largo plazo	214,83					
Aporte inversionistas	0,00					
Flujo de caja	-71,61	5.476,48	5.481,54	5.486,84	5.484,34	5.484,34
Tasa de descuento [%]		0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
Flujo de caja actualizado (Valor Actual)	-71,61	4.929,48	4.441,23	4.001,50	3.600,18	3.240,59
Flujo de caja acumulado (VAN)	-71,61	4.857,87	9.299,10	13.300,60	16.900,78	20.141,37

Nota. Elaboración propia en base a datos recopilados a lo largo proyecto.

A continuación, en la Tabla 3-12 y Tabla 3-13 se detallan datos relacionados al crédito asociado al proyecto.

Tabla 3-12

Resume de crédito 75% del monto del proyecto.

Tabla de amortización crédito cuota fija, 50% del proyecto		
Descripción	Monto [\$]	Monto [UF]
Interés mensual	0,32%	
Periodos crédito	36	
Cuota fija mensual	256.198	6,98
Monto préstamo	7.879.845	214,83
Seguros, timbres y otros	818.716	22,32
Total del Crédito	8.698.561	237,15

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados.

Tabla 3-13

Resumen abono capital e interés anual del crédito

Descripción	Abono capital crédito [UF]	Interés [UF]
Periodo 1	76,16	7,65
Periodo 2	79,09	4,72
Periodo 3	81,89	1,66

Nota. Elaboración propia en base a datos recolectados

3.3.5 Indicadores económicos

A continuación, en la Tabla 3-14 se presentan los indicadores económicos enunciados en el punto 1.2.5, de acuerdo con los resultados del flujo de caja para el proyecto con financiamiento del 75%.

Tabla 3-14

Resumen de indicadores proyecto con 75% de financiamiento

Indicador	Valor
VAN	19.926,54
TIR	1912,01%
PRI	0,17

Nota. Elaboración propia en base a Tabla 24: Resume de crédito 75% del monto del proyecto.

3.3.6 Rentabilidad del proyecto con financiamiento 75%

De acuerdo con los resultados obtenidos en el flujo de caja sin financiamiento, se obtuvo un VAN de UF 19.926,54. En este caso el proyecto resulta potencialmente rentable y puede generar un rendimiento neto positivo para la empresa. Por otra parte, la TIR de 1.912,01% indica que la inversión en el proyecto tiene el potencial de crear valor para la empresa, ya que supera la tasa de descuento utilizada. Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión es de 1 meses y 29 días, lo que es un periodo razonable considerando que el horizonte del proyecto es de 5 años.

3.4 Sensibilizaciones

El análisis de sensibilidad estudia los cambios que se producen cuando se introducen variaciones en factores económicos críticos. Para este análisis se considerarán dos variables de sensibilización, la primera será el precio del servicio conocido como “precio por muestreo” y la segunda variable será el costo directo de las remuneraciones de la operación, ambos resultados del análisis de riesgo descrito en el punto 3.1.7.

3.4.1 Sensibilización del precio por unidad procesada

A continuación, se presenta una tabla donde se generó la sensibilización del precio por unidad procesada o precio por muestreo. Además, se contrasta con otra variable de dependencia directa como lo es el ingreso neto por muestreo. Se considera para esta sensibilización la cantidad de muestreos anuales constantes.

Tabla 3-15

Sensibilización precio por unidad muestreada

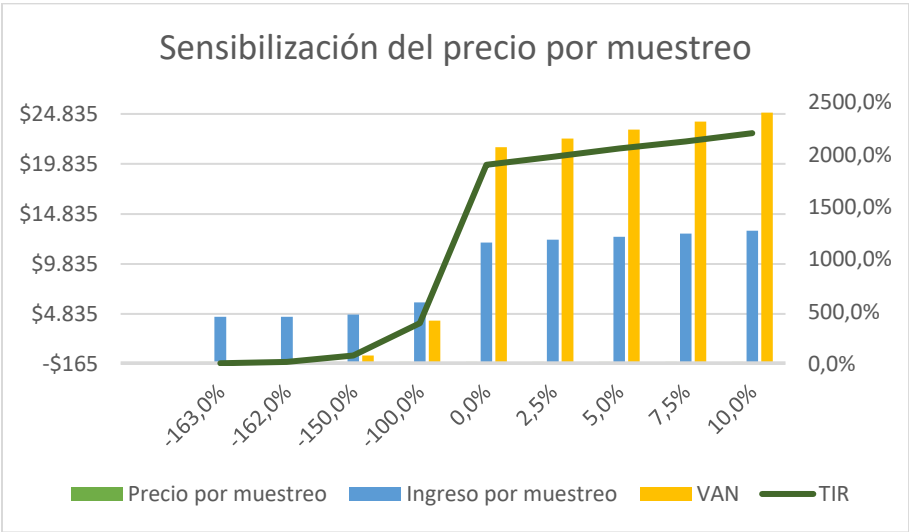
Factor	-163,0%	-162,0%	-150,0%	-100,0%	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%
Precio por muestreo	0,133	0,134	0,140	0,175	0,350	0,359	0,368	0,376	0,385
Cantidad de muestreos	34183	34183	34183	34183	34183	34183	34183	34183	34183
Ingreso por muestreo	4549,12	4566,49	4785,68	5982,10	11964,19	12263,30	12562,40	12861,51	13160,61
VAN	-8,97	90,14	684,80	4153,67	21498,04	22390,03	23282,03	24074,91	24966,91
TIR	7,0%	19,6%	81,0%	388,2%	1902,3%	1980,1%	2058,0%	2127,2%	2205,1%

Nota. Elaboración propia en base a flujo de caja sensibilizado

Se analizo el comportamiento del VAN y el TIR, respecto al cambio porcentual en el valor por unidad muestreada. Las fluctuaciones consideradas para este análisis corresponden entre el -163% al 10%. La disparidad en los porcentajes corresponde a que el precio por muestreo en el cual el VAN se vuelve cero está alejado del precio actual. El porcentaje de variación para la simulación tiene directa relación en lo pequeña que es la variable, alrededor de la centésima de UF.

En el siguiente grafico se visualiza el efecto en esta sensibilización antes mencionada.

Figura 3-4
Grafico sensibilización precio por unidad muestreada



Nota. Elaboración propia en base a flujo de caja sensibilizado

3.4.2 Sensibilización Salario de trabajadores.

A continuación, se presenta una tabla donde se generó la sensibilización del salario de los trabajadores. Además, se contrasta con otra variable de dependencia directa como lo es la utilidad operacional. Los demás valores asociados al flujo de caja se permanecen idénticos al flujo de caja puro.

Tabla 3-16
Sensibilización salario de los trabajadores

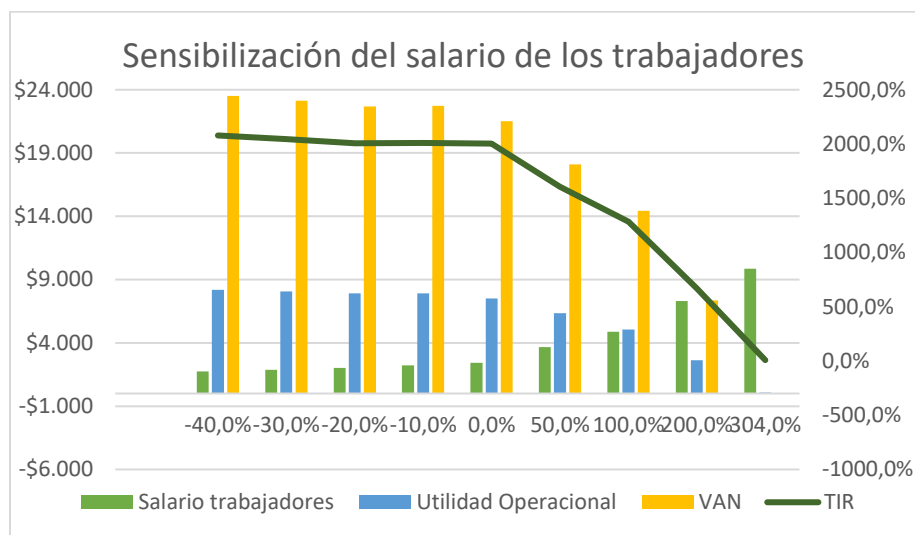
Factor	-40,0%	-30,0%	-20,0%	-10,0%	0,0%	50,0%	100,0%	200,0%	304,0%
Salario trabajadores	1742,40	1876,43	2032,80	2217,60	2439,36	3659,04	4878,72	7318,08	9855,01
Utilidad Operacional	8201,19	8067,16	7910,79	7925,99	7507,23	6334,05	5065,57	2625,51	88,58
VAN	23518,79	23130,18	22676,81	22720,88	21506,73	18105,24	14427,44	7352,78	-2,74
TIR	2078,7%	2044,7%	2005,2%	2009,0%	2005,1%	1606,1%	1285,1%	667,6%	7,8%

Nota. Elaboración propia en base a flujo de caja sensibilizado

Se analizó el comportamiento del VAN y el TIR, respecto al cambio porcentual en el valor del salario de los trabajadores. Las fluctuaciones consideradas para este análisis corresponden entre el -40% al 304%. En el siguiente gráfico se visualiza el efecto en esta sensibilización antes mencionada.

Figura 3-5

Gráfico sensibilización salario de operadores



Nota. Elaboración propia en base a flujo de caja sensibilizado

3.4.3 Determinación de puntos de corte.

En relación con la sensibilización se determinó cuáles son los valores críticos donde el VAN se vuelve cero, conocido como punto de corte, esto para tener parámetros claros de sensibilización y de la rentabilidad. A continuación, se presenta una tabla con los valores mencionados.

Tabla 3-17

Valores punto de corte

Sensibilidad	Valor actual	Punto de corte	Diferencia
Unidades	34183	12999	21184
Precio Venta	0,350	0,133	0,22
Salarios	2054,3	9854,06	-7800

Nota. Elaboración propia en base a flujo de caja sensibilizado

Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

Al finalizar este estudio de prefactibilidad centrado en la optimización del sistema de transporte de pallets en el sistema robotizado de muestreo de la empresa Molytmet, se puede concluir que el rediseño propuesto ofrece perspectivas prometedoras para mejorar sustancialmente la eficiencia electromecánica del sistema de transporte de rodillos. Este enfoque, que aboga por una mayor segmentación en el transporte de entrada de pallets, surge como una estrategia eficaz para optimizar los procesos logísticos y gestionar de manera más eficiente los ciclos de procesamiento.

Una conclusión destacada es la importancia de la colaboración multidisciplinaria en el éxito de este proyecto. La sinergia entre las áreas eléctricas y mecánicas fue fundamental para identificar y abordar eficazmente los desafíos existentes en el sistema.

La evaluación de la eficiencia electromecánica muestra resultados positivos, anticipando una mejora sustancial en la velocidad y precisión del transporte de pallets después de la implementación de las propuestas de rediseño.

En términos de rentabilidad, el análisis económico respalda la inversión, destacando beneficios tanto en eficiencia operativa como en ahorro de costos. Estos factores respaldan la viabilidad económica del proyecto.

Es importante tener en cuenta que, si bien esta propuesta se basa en conceptos de automatización, experiencia en el rubro y un análisis multidisciplinario de la falla, la conclusión sobre su éxito se determinará con la ejecución y puesta en servicio. Esta conclusión realista reconoce la necesidad de evaluar los resultados prácticos de la implementación.

En conjunto, estas conclusiones sugieren que el proyecto no solo aborda las deficiencias actuales de manera efectiva, sino que también sienta las bases para mejoras continuas y contribuye significativamente a la eficiencia y competitividad de la empresa en el futuro.

Recomendaciones

Se recomienda una implementación cuidadosa y efectiva de las propuestas de rediseño. Dado que los beneficios potenciales han sido identificados y respaldados por el análisis, garantizar una ejecución sin contratiempos es crucial para aprovechar al máximo estas mejoras.

Dada la importancia de la colaboración multidisciplinaria, se sugiere proporcionar oportunidades de capacitación interdisciplinaria para el personal involucrado en la operación y mantenimiento del sistema. Esto fortalecerá la comprensión y cooperación entre los equipos eléctricos y mecánicos.

Una vez implementado, se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar la eficiencia operativa y realizar ajustes según sea necesario. Esto permitirá una adaptación proactiva a cualquier cambio en las condiciones operativas.

Se aconseja mantener una documentación detallada de los cambios implementados, incluyendo manuales de operación actualizados y registros de mantenimiento. Esto facilitará futuras intervenciones y contribuirá a la transferencia efectiva de conocimientos.

Dado que se menciona una mejora en el clima laboral, se recomienda realizar una evaluación específica del impacto en la salud ocupacional del personal. Esto puede incluir encuestas y seguimientos para garantizar que la implementación del nuevo sistema beneficie la salud y bienestar de los trabajadores.

Bibliografía

- Banco Estado. (2023). *Bancoestado.cl*. Bancoestado.cl:
<https://www.bancoestado.cl/bancoestado/inteditorformularios/genera.asp?datos=152>
- CADE. (02 de 07 de 2023). *industriadelfuturo.com*. <https://industriadelfuturo.com/automatizacion-de-procesos-logisticos-eficiencia-y-optimizacion-en-la-cadena-de-suministro>
- Chile, B. c. (16 de 10 de 2023). <https://si3.bcentral.cl/siete/ES/Siete/Canasta?idCanasta=ZGZIF1115>.
- edsrobotics.com. (27 de 07 de 2020). *edsrobotics.com*.
<https://www.edsrobotics.com/blog/automatizacion-procesos-industriales/>
- embalajesterra.com. (31 de 05 de 2023). *embalajesterra.com*.
<https://www.embalajesterra.com/blog/transportador-de-rodillos-industria/>
- Molymet. (02 de 07 de 2023). *Molymet*. <https://molymet.com/mo-re/que-es-molibdeno/>
- molymet.com. (05 de 2022). *molymet.com*. <https://molymet.com/wp-content/uploads/2023/05/2022-Reporte-Sostenibilidad-VF.pdf>
- SII. (20 de Octubre de 2023). https://www.sii.cl/ayudas/ayudas_por_servicios/1956-codigos-1959.html#2
- SII. (10 de 2023). *SII.cl*. <https://www.sii.cl/documentos/resoluciones/2002/reso43.htm>
- SII. (20 de Octubre de 2023). *SII.cl*. https://www.sii.cl/ayudas/aprenda_sobre/3072-1-3080.html
- SUSESO. (31 de mayo de 2023). *suseso.cl*. <https://www.suseso.cl/613/w3-propertyvalue-136546.html>