

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN A PLAN DE MANTENIMIENTO PARA**  
**EMPRESA PROCESADORA DE FRUTOS CÍTRICOS**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Alumno:

Sr. Sebastián Alexis Silva Martínez

Profesor Guía:

Mg. Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez

2024



## CONSTANCIA DE VALIDACION 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: PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN A PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESA PROCESADORA DE FRUTOS CÍTRICOS

Nombre del candidato(a): Sebastián Alexis Silva Martínez

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento industrial

Campus: Viña del Mar; Departamento: Mecánica

### 2.- VALIDACION DEL PROFESOR GUIA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Pablo Andrés Duque Ramírez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

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

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

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

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

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

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

### 4.- FIRMAS

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

Fecha: 01/08/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 01/08/2025

; Firma:

*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.*

## **RESUMEN**

La propuesta para optimizar el plan de mantenimiento para empresa procesadora de frutos cítricos Jorge Schmidt Compañía Limitada se desarrolla a partir de un objetivo general el cual consiste en exponer propuestas de optimización, utilizando la metodología RCM, con el fin de reducir costos asociados. Este objetivo general se desglosa en tres objetivos específicos, cada uno abordado en los capítulos correspondiente.

En primer lugar, se recopila la información técnica pertinente para comprender las características de la empresa mandante, su contexto operativo y la problemática existente. La cual radica en la falta de un sistema de mantenimiento optimizado, realizando actividades innecesarias durante la intervención de los equipos. Esto ocurre debido a la ausencia de la metodología RCM, la cual se encarga de ver el estado de los componentes y determinar las acciones correspondientes para cada equipo. Esto se ve reflejado en el presupuesto anual destinado al departamento de mantenimiento el que tiene un valor de \$338.352.795.- CLP, de los cuales el 39,4% (\$133.348.000.- CLP) se destina a tareas de mantenimiento mayor.

Para implementar la metodología RCM, es fundamental efectuar una matriz de criticidad que identifique el equipo más crítico en función de la frecuencia y las consecuencias de sus fallas. Los factores considerados incluyen impacto en la producción, flexibilidad operacional, costos de reparación y aspectos de seguridad, higiene y ambiente. Como resultado de este análisis, se determinó que el equipo Distribuidor de Cajas Paletizado es el de mayor criticidad, al obtener la puntuación más alta.

Posteriormente, se aplica un análisis de modos de fallas, efectos y criticidad (FMECA) al equipo identificado, con el fin de definir sus funciones, fallas potenciales y modos de fallas asociados. Además, se utiliza un diagrama de decisiones para establecer las actividades necesarias para cada modo de falla, que pueden incluir reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica o mantenimiento basado en condición.

Además, el análisis desarrollado demuestra un costo de implementación de \$4.025.756.- CLP. Esta inversión genera un beneficio significativo, reflejado en una reducción del riesgo total anualizado estimado en \$163.559.823.- CLP. Este resultado evidencia la efectividad del enfoque, al minimizar los gastos relacionados con reparaciones, tiempos de inactividad y pérdida de productividad.

Finalmente, se logra incrementar la disponibilidad del equipo crítico en 2,22 puntos porcentuales, pasando de 86,39% a 88,61%, lo que representa un significativo acercamiento a la disponibilidad esperada de un 90%, por lo tanto simboliza una mejora tangible en la eficiencia operativa de la empresa.

**ÍNDICE**

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVO GENERAL ..... 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 2

1 CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS..... 3

1.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA..... 4

1.2 UBICACIÓN ..... 5

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ..... 5

1.1 PROCESO PRODUCTIVO ..... 6

1.4 CONTEXTO OPERATIVO ..... 7

1.5 PROBLEMÁTICA ..... 8

1.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS ..... 9

1.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN EL VALOR DE IC..... 13

2 CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN EQUIPO CRÍTICO Y DESARROLLO DE ANÁLISIS FMECA ..... 16

2.1 DESCRIPCIÓN DE DISTRIBUIDOR DE CAJAS PALETIZADO ..... 17

2.2 DEFINICIÓN DE FUNCIONES..... 19

2.2.1 FUNCIÓN PRINCIPAL..... 19

2.2.2 FUNCIÓN SECUNDARIA..... 19

2.3 FALLAS FUNCIONALES ..... 19

2.3.1 FALLAS FUNCIONALES PRINCIPALES ..... 20

2.3.2 FALLAS FUNCIONALES SECUNDARIAS ..... 20

2.4 MODOS DE FALLAS ..... 20

2.4.1 MODOS DE FALLAS PRINCIPALES ..... 20

2.4.2 MODOS DE FALLAS SECUNDARIOS ..... 21

2.5 ANÁLISIS FMECA DISTRIBUIDOR DE CAJAS PALETIZADO..... 21

2.5.1 IMPACTO POR NO PRODUCCIÓN..... 23

2.5.2 COSTOS DIRECTOS POR FALLA..... 23

2.6 CUANTIFICACIÓN RIESGO CUANTITATIVO ..... 24

2.7 CUANTIFICACIÓN RIESGO CUALITATIVO..... 24

2.8 DEFINICIÓN Y COSTOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO..... 26

|     |                                                                      |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------|----|
| 3   | CAPÍTULO 3: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA METODOLOGÍA RCM ..... | 30 |
| 3.1 | ANÁLISIS DE PROPUESTAS RCM.....                                      | 31 |
| 3.2 | PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO .....                  | 32 |
| 3.3 | COSTOS DE INSUMOS Y RESPUESTOS SEGÚN MODO DE FALLAS .....            | 33 |
| 3.4 | COSTOS DE HORA HOMBRE .....                                          | 34 |
| 3.5 | DISPONIBILIDAD DEL DISTRIBUIDOR CAJAS PALETIZADO .....               | 35 |
| 3.6 | COMPARACIÓN ENTRE ENFOQUE ACTUAL Y RCM .....                         | 37 |
| 3.7 | RIESGOS Y CONTIGENCIAS ECONÓMICAS.....                               | 40 |
| 3.8 | ANÁLISIS ECONÓMICO DE FACTIBILIDAD .....                             | 40 |
|     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                 | 41 |
|     | ANEXO A: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....                             | 42 |
|     | ANEXO B: JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS .....                             | 43 |
|     | ANEXO C: HOJA DE DECISIÓN .....                                      | 44 |
|     | BIBLIOGRAFÍA .....                                                   | 45 |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|             |                                                                            |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1: | Campos de Jorge Schmidt .....                                              | 4  |
| Figura 1-2: | Ubicación Geográfica de la Empresa .....                                   | 5  |
| Figura 1-3: | Diagrama de Proceso Productivo Planta Procesadora de frutos cítricos ..... | 7  |
| Figura 1-4: | Leyenda Matriz de Criticidad .....                                         | 12 |
| Figura 1-5: | Matriz de Criticidad .....                                                 | 12 |
| Figura 2-1: | Distribuidor de Cajas Paletizado .....                                     | 17 |
| Figura 2-2: | Transferencia Neumática (Distribuidor de Cajas Paletizado) .....           | 18 |
| Figura 2-3: | Lector Código de Barras (Distribuidor de Cajas Paletizado) .....           | 18 |
| Figura 2-4: | Matriz de Riesgo Cualitativo .....                                         | 24 |
| Figura 2-5: | Modos de Fallas en Matriz de Riesgo Cualitativo .....                      | 25 |
| Figura 2-6: | Hoja de decisión RCM.....                                                  | 27 |
| Figura 3-1: | Carta Gantt Planificación de actividades .....                             | 32 |
| Figura 3-2: | Representación Presupuesto Anual de Mantenimiento .....                    | 37 |
| Figura 3-3: | Tendencia de Gastos por Mes.....                                           | 38 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1: Ponderación Frecuencia de Fallas ..... 9

Tabla 1-2: Ponderación Impacto en la Producción ..... 10

Tabla 1-3: Ponderación Impacto por Flexibilidad Operacional ..... 10

Tabla 1-4: Ponderación Costos de Reparación ..... 11

Tabla 1-5: Ponderación de Seguridad, Higiene y Ambiente ..... 11

Tabla 1-6: Jerarquización de Equipos según IC ..... 14

Tabla 2-1: Análisis FMECA Distribuidor de Cajas Paletizado ..... 22

Tabla 2-2: Impacto por no producción ..... 23

Tabla 2-3: Actividades Mantenimiento Distribuidor de Cajas Paletizado según Hoja de  
decisión ..... 28

Tabla 3-1: Costos insumos y repuestos ..... 33

Tabla 3-2: Costos de hora hombre ..... 34

Tabla 3-3: Disponibilidad Plan de Mantenimiento Actual ..... 35

Tabla 3-4: Disponibilidad Propuesta RCM ..... 36

Tabla 3-5: Comparación Plan actual y Propuesta RCM ..... 39

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1-1: Índice de Criticidad ..... 9

Ecuación 1-2: Consecuencia de Fallas ..... 9

Ecuación 2-1: Riesgo cuantitativo ..... 24

## **INTRODUCCIÓN**

Jorge Schmidt Compañía Limitada es una empresa dedicada a la fruticultura, siendo uno de los mayores productores y exportadores a nivel nacional, donde se cultivan únicamente paltos y mandarinos en los distintos campos ubicados en la quinta región de Valparaíso. Estos frutos son procesados en dos plantas de gran infraestructura, las cuales poseen máquinas automatizadas que destacan por contar con una gran tecnología.

La planta encargada del procesamiento y exportación de mandarinas fue construida en el año 2017 y se encuentra en el kilómetro 49 del Camino Internacional, Catemu, Región de Valparaíso, Chile. Por otra parte, la temporada de este fruto cítrico tiene una duración de alrededor de 4 meses, produciendo desde Julio hasta Octubre. Dicha instalación tiene una capacidad de procesamiento de aproximadamente 32.000 toneladas de mandarinas al año, las cuales cuentan con la calidad y los estándares necesarios para ser exportadas hacia Estados Unidos.

En el contexto del mantenimiento hacia la maquinaria, se llevan a cabo actividades de conservación durante los 8 meses de inactividad del proceso (Noviembre hasta Junio), con el objetivo de asegurar su correcto desempeño y funcionamiento al momento de ser requerida. Específicamente, se ejecuta un mantenimiento mayor o también llamado Overhaul, que consiste en efectuar un proceso metódico y detallado en el cual una máquina es desarmada, es sometida a un análisis minucioso, después se substituyen las piezas y componentes desgastados por otras nuevas para finalmente volver a ensamblar y restaurar su rendimiento óptimo. De esta manera se alarga la vida útil del equipo a largo plazo y de forma controlada. Sin embargo, este tipo de mantenimiento requiere de una planificación compleja para minimizar el impacto en la producción y asegurar que cuenten con los recursos necesarios, además es costoso debido a la necesidad de piezas, mano de obra y tiempo de inactividad. Por lo tanto se ve reflejada en una problemática, la cual se debe a la falta de un sistema de mantenimiento optimizado. En el año 2023, se destinó un total de \$133.348.000.- CLP al mantenimiento mayor, lo que representa el 39,4% del presupuesto anual asignado al departamento de mantenimiento. Este presupuesto asciende a un total de \$338.352.795.- CLP.

En el presente trabajo, se busca la implementación de la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) la cual consiste en identificar las tareas necesarias para asegurar la confiabilidad y disponibilidad en el proceso productivo, con el objetivo de optimizar el mantenimiento de los equipos, reduciendo costos asociados y mejorando la eficiencia operativa de la empresa.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar propuestas de mejora a las actividades del plan de mantenimiento de la empresa procesadora de frutos cítricos Jorge Schmidt Compañía Limitada, utilizando la metodología RCM, reduciendo costos asociados al mantenimiento.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificación de equipo crítico mediante análisis de histórico de fallas para posterior desarrollo de propuestas.
2. Elaborar propuestas de optimización a las actividades de mantenimiento mediante análisis FMECA reduciendo costos asociados.
3. Analizar la viabilidad técnica y económica de las propuestas recomendadas por el enfoque RCM determinando la viabilidad del plan de mantenimiento.

**1 CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS**

## **1.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA**

Su historia comienza en 1978, cuando Jorge Schmidt Girotti viaja desde Argentina para instalarse en Chile y formar su familia, sentando las bases de un negocio que lo llevó a posicionarse como un referente en la industria agrícola y uno de los productores más grandes de paltas y mandarinas del país. Comenzó trabajando en el sector agrícola con modestos servicios de arado, hasta que decidió arrendar tierras por períodos prolongados, lo que significó dar un paso a su independencia financiera.

En 1990, se crea Jorge Schmidt Compañía Limitada, y se dio inicio al cultivo de paltas. Posteriormente, en un esfuerzo por mejorar las condiciones laborales de los temporeros y ofrecer trabajo de manera continua durante todo el año, se optó también por el cultivo de mandarinas.

En 2010 y 2017, la empresa invirtió en dos plantas de packing de alta tecnología. Una, destinada a la producción de paltas, y la otra, a mandarinas, asegurando así una calidad superior. Actualmente, el grupo Jorge Schmidt está presente en más de 15 países en los mercados de Europa, Norteamérica, Latinoamérica y próximamente en China.

En la figura 1-1 se muestran los campos de paltos y mandarinos de Jorge Schmidt Cía. Ltda. ubicados en el sector Las Palmas, comuna de Llay Llay, región de Valparaíso.

*Fuente: Pura convicción: Jorge Schmidt y las decisiones que lo convirtieron en un referente absoluto de la industria frutícola. (2022). Obtenido de MUNDOAGRO:*



Figura 1-1: Campos de Jorge Schmidt

Fuente: Archivo MUNDOAGRO

**1.2 UBICACIÓN**

La planta procesadora de frutos cítricos Jorge Schmidt Compañía Limitada está ubicada en el kilómetro 49 del Camino Internacional, Catemu, Región de Valparaíso, Chile. En la figura 1-2 se muestra la ubicación vía satelital de la empresa.



Figura 1-2: Ubicación Geográfica de la Empresa

Fuente: Elaboración propia a partir de g

**1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

La estructura organizativa Jorge Schmidt Compañía Limitada está encabezada por el Gerente General José Martínez, el Jefe de Planta Juan Carlos Ibáñez y el Jefe de Operaciones Juan Pablo Rocha. La organización se divide en varios departamentos, los cuales son los siguientes; Mantenimiento, Administración, Packing, Seguridad y Frigorífico.

El Departamento de Mantenimiento está conformado por un supervisor a cargo del mantenimiento y la operación del proceso productivo, mecánicos de línea, operadores de la maquinaria y personal del aseo. (Ver anexo A “Estructura organizacional”)

## **1.1 PROCESO PRODUCTIVO**

A principios de julio se inicia la cosecha de mandarinas en los campos de Jorge Schmidt, empleando a más de 900 temporeros. Estos trabajadores son responsables de la recolección del fruto, el cual es depositado en bins con una capacidad aproximada de 370 kg. Posteriormente, los bins son transportados al packing mediante camiones de alto tonelaje, donde se almacenan en cámaras frigoríficas para mantener las mandarinas en óptimas condiciones y prevenir su descomposición.

El proceso productivo comienza cuando los contenedores son trasladados por grúas horquillas desde las cámaras frigoríficas hacia los volcadores de bins. En este punto, las mandarinas son depositadas en dos líneas de producción, donde avanzan para someterse a los procesos de transformación y tratamiento. Los contenedores vacíos son dirigidos a una lavadora que se encarga de limpiarlos y desinfectarlos, evitando así la propagación de plagas dentro de la industria.

A continuación, los frutos avanzan por un estanque de agua templada cuyo objetivo es eliminar la suciedad e impurezas de su superficie. Luego, a través de polines de acero inoxidable, las mandarinas se transportan hacia un horno de pre-secado, donde se elimina el exceso de agua de la fruta antes de la aplicación de cera comestible. Esta cera tiene propiedades que retrasan el envejecimiento del fruto y le aportan un brillo que mejora su presentación. Tras el encerado, las mandarinas pasan nuevamente por un horno de secado con aire caliente, que elimina cualquier exceso de humedad. De esta forma, se finaliza el proceso de manufactura al que se someten los cítricos.

Cada fruta es colocada en un dispositivo el cual es encargado de sostener y transportar cada unidad para proceder a su clasificación automática según peso, tamaño, forma, color y madurez. Este proceso es realizado por un dispositivo llamado “Spectrim”, el cual captura hasta 120 fotografías por fruto, mapeando los colores y detectando defectos externos como manchas o golpes. Esto garantiza una mayor precisión en la toma de decisiones al momento de seleccionar el fruto.

Una vez categorizadas, las mandarinas destinadas a exportación avanzan hacia la etapa de empaque automatizado, donde 26 graneleras empacan la fruta en cajas, según sus características físicas, nivel de madurez y posibles defectos. En cambio, la fruta destinada al mercado local se transporta mediante cintas hacia otro sector, donde se almacena nuevamente en bins para su comercialización en el territorio nacional.

Las cajas destinadas a exportación avanzan a través de un riel de polines hasta la etapa de paletizado, donde una máquina automatizada se encarga de apilar las cajas en palets. Luego, se procede al flejado de los palets, asegurando la estabilidad de las cajas durante el transporte y finalmente, los palets se trasladan a cámaras frigoríficas, donde se controlan

cuidadosamente la temperatura y la humedad para mantener las mandarinas en óptimas condiciones antes de su exportación, principalmente hacia Estados Unidos.

En la figura 1-3 se expone el diagrama de flujo de la empresa, el cual detalla todas las etapas que atraviesan los frutos cítricos durante el proceso productivo.

Fuente: Sienz: Precisión con IA en la Clasificación de Frutas Frescas. (2024). Obtenido de Sienz: <https://sienz.com>

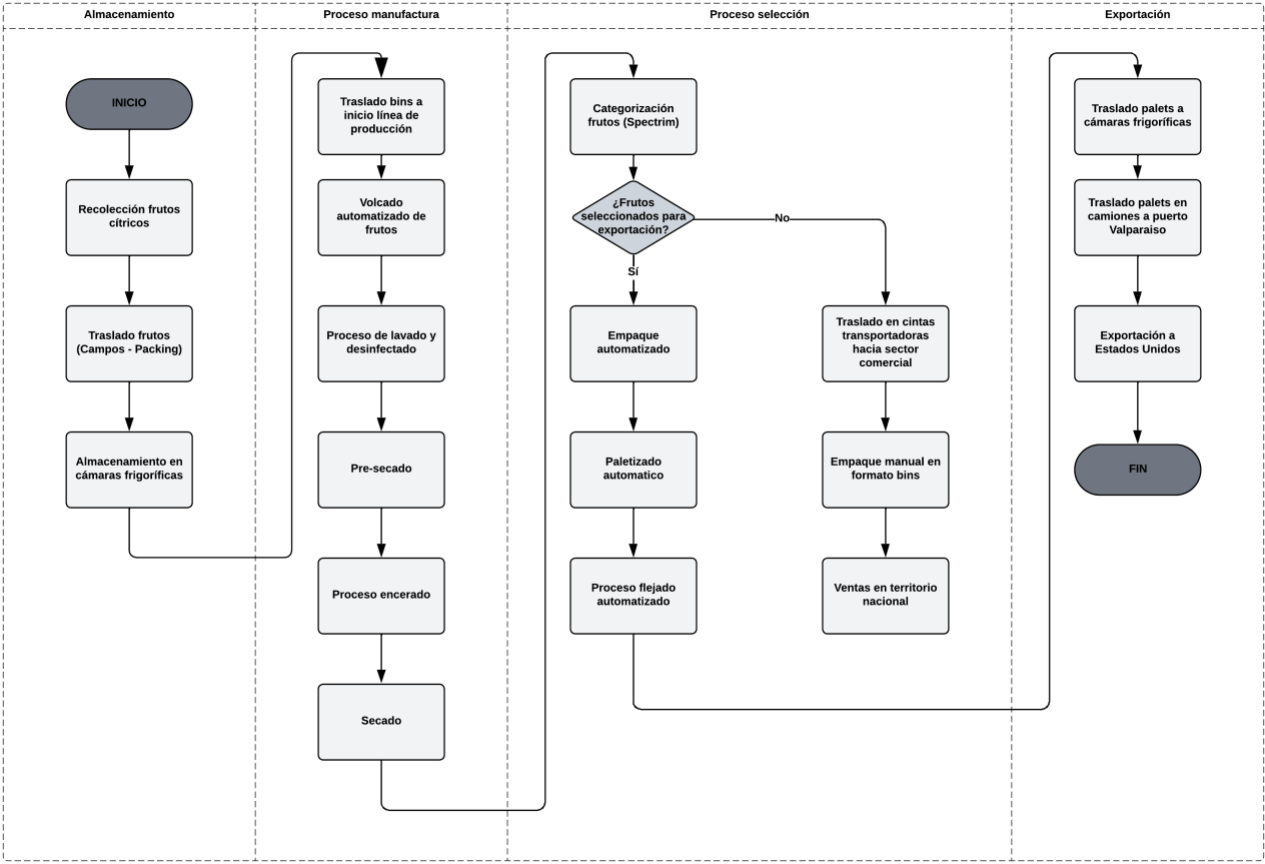


Figura 1-3: Diagrama de Proceso Productivo Planta Procesadora de frutos cítricos

Fuente: Elaboración propia

1.4 CONTEXTO OPERATIVO

La planta procesadora de mandarinas opera bajo un régimen estacional, con una temporada productiva que se extiende desde principios de julio hasta fines de octubre, durante la cual se desarrolla un proceso productivo continuo e interconectado. En este periodo, el equipo de mantenimiento cumple un rol crítico, no solo realizando tareas preventivas como inspecciones visuales, limpieza, lubricación y verificaciones funcionales

sino también actuando como operadores de los equipos. Las jornadas laborales se extienden de lunes a viernes, de 08:00 a 18:00 horas, con posibilidad de alargarse hasta dos horas adicionales según lo estipulado en el artículo 30 del Código del Trabajo, en función del volumen diario de procesamiento. La alta dependencia entre equipos implica que una falla puede detener todo el proceso, por lo que no existen capacidades de redundancia significativas. Durante la temporada baja, de noviembre a junio, la planta entra en una fase de inactividad productiva, enfocándose en labores de mantenimiento mayor (overhaul) para asegurar la disponibilidad y eficiencia de los activos en la siguiente campaña. Esta operación está condicionada por la estacionalidad del suministro de materia prima, por lo que la continuidad operativa y el correcto manejo de fallas durante la temporada activa son fundamentales para cumplir con los objetivos de producción y calidad.

## **1.5 PROBLEMÁTICA**

En la planta procesadora de frutos cítricos, la falta de un sistema de mantenimiento optimizado limita la capacidad de asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos durante la temporada de producción. El presupuesto anual destinado al departamento de mantenimiento tiene un valor de \$338.352.795.- CLP, de los cuales el 39,4% (\$133.348.000.- CLP) se destina a tareas de mantenimiento mayor.

La problemática existente radica en la realización de actividades innecesarias durante la intervención de los equipos. Esto ocurre porque no se implementa la metodología RCM, la cual consiste en identificar las tareas necesarias para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los activos. En su lugar, se efectúan todas las tareas y se remplazan componentes sin un análisis previo, lo que genera ineficiencias en el proceso de mantenimiento.

Al realizar dicha optimización al plan de mantenimiento, lo que se busca es aumentar la eficiencia operativa a un 90% de la disponibilidad, reducir tiempos de intervención y reducir costos asociados al mantenimiento mayor.

1.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Para determinar los equipos/sistemas críticos, se lleva a cabo un análisis de criticidad, el cual evalúa la frecuencia de fallas y sus respectivas consecuencias. Este proceso se apoya en entrevistas realizadas al personal de mantenimiento, permitiendo jerarquizar los equipos del proceso productivo. La priorización se basa en la cuantificación del índice de criticidad (IC), según ecuaciones 1-1 y 1-2, y de la ponderación de las respuestas obtenidas, según las tablas 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5.

El IC de acuerdo con la ecuación 1-1, se obtiene multiplicando la frecuencia de fallas (FF) por la consecuencia de la falla (CF).

**IC = FF x CF**

Ecuación 1-1: Índice de Criticidad

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

La frecuencia de fallas (FF), se evalúa analizando la cantidad de veces que un equipo/sistema presenta fallas dentro de un período de tiempo específico. La tabla 1-1 define la valorización con respecto al número de fallas que presenta el equipo.

| Frecuencia de fallas (FF) | Fallas por año | Valorización |
|---------------------------|----------------|--------------|
| Excelente                 | <1             | 1            |
| Bueno                     | 1 - 2          | 2            |
| Promedio                  | 2 - 3          | 3            |
| Pobre                     | 3 - 5          | 4            |
| Muy pobre                 | >5             | 5            |

Tabla 1-1: Ponderación Frecuencia de Fallas

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

La consecuencia de la falla (CF), se evalúa considerando los siguientes factores: impacto en la producción (IP), flexibilidad operacional (FO), costos de reparación (CR) y aspectos de seguridad, higiene y ambiente (SHA), como se muestra en la ecuación 1-2.

**CF = ((IP x FO) + CR + SHA)**

Ecuación 1-2: Consecuencia de Fallas

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

El impacto en la producción (IP), se refiere cuando una falla en un equipo/sistema afecta la capacidad de la planta para cumplir con sus objetivos de producción. La ponderación asignada al IP se encuentra detallada en la tabla 1-2.

| Impacto producción (IP) | Consecuencia                                             | Valorización |
|-------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|
| Sin impacto             | No genera impacto en el proceso productivo               | 1            |
| Bajo impacto            | Genera un bajo impacto en el proceso productivo          | 2            |
| Medio impacto           | Genera un impacto moderado en el proceso productivo      | 3            |
| Alto impacto            | Genera un impacto significativo en el proceso productivo | 4            |

Tabla 1-2: Ponderación Impacto en la Producción

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

El impacto por flexibilidad operacional (FO), se refiere a la capacidad del sistema productivo para adaptarse de manera eficiente a cambios en las condiciones de operación, demandas de mercado o situaciones imprevistas, como fallas en los equipos o fluctuaciones en la cantidad de materia prima. La ponderación se detalla en la siguiente tabla 1-3.

| Flexibilidad operacional (FO) | Consecuencia                                                                                                | Valorización |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Nula                          | Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación pequeños                                  | 1            |
| Baja                          | Se cuenta con unidades de reserva que cubren de forma parcial el impacto, tiempos de reparación intermedios | 2            |
| Media                         | No se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación intermedios                            | 3            |
| Alta                          | No se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación muy grandes                            | 4            |

Tabla 1-3: Ponderación Impacto por Flexibilidad Operacional

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

El costo de reparación (CR), se refiere al gasto promedio necesario para restaurar el equipo/sistema a su estado óptimo de operación tras una falla. Considerando aspectos como la mano de obra, materiales utilizados y el transporte requerido para realizar la reparación. La ponderación correspondiente al CR se detalla en la tabla 1-4.

| Costos de reparación (CR) | Consecuencia [CLP]         | Valorización |
|---------------------------|----------------------------|--------------|
| Bajo                      | <\$1.000.000               | 1            |
| Medio                     | \$1.000.000 - \$5.000.000  | 2            |
| Alto                      | \$5.000.000 - \$10.000.000 | 3            |
| Extremadamente alto       | >\$10.000.000              | 4            |

Tabla 1-4: Ponderación Costos de Reparación

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

La seguridad, higiene y ambiente (SHA), aspectos relevantes que deben considerarse en el contexto operacional presente, los cuales permiten evaluar el impacto de las actividades, equipos o sistemas en la seguridad y la salud de los trabajadores. La ponderación se muestra en la tabla 1-5.

| Seguridad, higiene y ambiente (SHA) | Consecuencia                                                                                                    | Valorización |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Sin impacto                         | No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales                        | 1            |
| Bajo impacto                        | Riesgo mínimo de pérdida de vida, afección a la salud y/o incidente ambiental menor                             | 2            |
| Medio impacto                       | Riego medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud y/o incidentes ambientales de difícil restauración | 3            |
| Alto impacto                        | Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud y/o incidente ambiental mayor                           | 4            |

Tabla 1-5: Ponderación de Seguridad, Higiene y Ambiente

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de

Para establecer las zonas de la matriz, se utiliza la siguiente leyenda de colores representada en la figura 1-4, la cual permite identificar cada sección de la matriz de criticidad.

|                         |
|-------------------------|
| MA: Muy alta criticidad |
| A: Alta criticidad      |
| M: Media criticidad     |
| B: Baja criticidad      |

Figura 1-4: Leyenda Matriz de Criticidad

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los valores de la matriz, se consideran los factores principales de frecuencia y consecuencia. Cada uno de estos factores se evalúa y posiciona en una matriz de criticidad de 5x5, como se muestra en la siguiente figura 1-5, esto nos permitirá jerarquizar los equipos en 4 áreas:

| Matriz de criticidad |   |   |    |    |    |    |
|----------------------|---|---|----|----|----|----|
| Frecuencia           | 5 | M | M  | A  | MA | MA |
|                      | 4 | M | M  | A  | A  | MA |
|                      | 3 | M | M  | M  | A  | A  |
|                      | 2 | B | B  | M  | M  | M  |
|                      | 1 | B | B  | M  | M  | M  |
|                      |   | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Consecuencia         |   |   |    |    |    |    |

Figura 1-5: Matriz de Criticidad

Fuente: Elaboración propia

### 1.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN EL VALOR DE IC

Los equipos/sistemas de producción de la empresa fueron identificados a partir del cálculo de su índice de criticidad. Posteriormente, se clasificaron en categorías de Muy Alta, Alta, Media y Baja criticidad, como se muestra en la siguiente tabla 1-6.

| ITEM | Equipo                                          | FF | IP | FO | CR | SHA | CC | Riesgo | Jerarquización  |
|------|-------------------------------------------------|----|----|----|----|-----|----|--------|-----------------|
| 1    | Cinta transportadora eliminador de hojas        | 1  | 1  | 2  | 1  | 1   | 4  | 4      | Baja criticidad |
| 2    | Cinta transportadora retorno mandarinas         | 1  | 2  | 1  | 1  | 1   | 4  | 4      | Baja criticidad |
| 3    | Cinta muestreo de fruta                         | 1  | 1  | 2  | 1  | 1   | 4  | 4      | Baja criticidad |
| 4    | Cinta transportadora descarte pre-calibre       | 1  | 2  | 2  | 1  | 1   | 6  | 6      | Baja criticidad |
| 5    | Aplicador de cera                               | 1  | 2  | 2  | 1  | 1   | 6  | 6      | Baja criticidad |
| 6    | Desapilador de bins                             | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad |
| 7    | Cinta transportadora principal de mandarinas    | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad |
| 8    | Dosificador de cloro                            | 1  | 2  | 2  | 1  | 3   | 8  | 8      | Baja criticidad |
| 9    | Horno pre-secado                                | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad |
| 10   | Horno secado                                    | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad |
| 11   | Lavadora de bins                                | 1  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad |
| 12   | Cinta transportadora bins (Volcador - Lavadora) | 1  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad |
| 13   | Elevador de polines acero inox entrada          | 1  | 3  | 2  | 2  | 1   | 9  | 9      | Baja criticidad |
| 14   | Distribuidor de mandarinas                      | 1  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad |
| 15   | Riel aéreo                                      | 1  | 2  | 3  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad |
| 16   | Cepilladora rotativa                            | 1  | 3  | 2  | 2  | 2   | 10 | 10     | Baja criticidad |

|    |                                          |   |   |   |   |   |    |     |                     |
|----|------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|-----|---------------------|
| 17 | Cintas transportadoras a graneleras      | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5  | 10  | Baja criticidad     |
| 18 | Graneleras                               | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5  | 10  | Baja criticidad     |
| 19 | Tolva de pre-calibre                     | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 8  | 16  | Baja criticidad     |
| 20 | Volcador de bins                         | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 9  | 18  | Baja criticidad     |
| 21 | Elevador de polines acero inox salida    | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 9  | 18  | Baja criticidad     |
| 22 | Inmensor de paletas                      | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 11 | 11  | Media criticidad    |
| 23 | Cinta intralox recta                     | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 14 | 14  | Media criticidad    |
| 24 | Dosificador de pallets                   | 2 | 4 | 2 | 1 | 2 | 11 | 22  | Media criticidad    |
| 25 | Cinta descarte pre-calibre mandarinas    | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 9  | 27  | Media criticidad    |
| 26 | Transportador de bins                    | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 15 | 30  | Media criticidad    |
| 27 | Paletilazor                              | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 11 | 33  | Media criticidad    |
| 28 | Flejadora                                | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 11 | 33  | Media criticidad    |
| 29 | Líneas de carrier                        | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 10 | 40  | Media criticidad    |
| 30 | Cintas intralox salida horno secado      | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 14 | 42  | Media criticidad    |
| 31 | Cintas transportadoras línea comercial   | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 11 | 44  | Alta criticidad     |
| 32 | Riel terrestre                           | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 16 | 48  | Alta criticidad     |
| 33 | Transferencias graneleras riel terrestre | 5 | 4 | 3 | 1 | 2 | 15 | 75  | Alta criticidad     |
| 34 | Sprectim                                 | 5 | 4 | 4 | 3 | 1 | 20 | 100 | Muy alta criticidad |
| 35 | Distribuidor cajas paletizado            | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 21 | 105 | Muy alta criticidad |

Tabla 1-6: Jerarquización de Equipos según IC

Fuente: Elaboración propia

La tabla 1-6, muestra la representación de la matriz de criticidad para distintos equipos, donde cada uno se evalúa según la frecuencia de fallas y las consecuencias de sí misma. Los 35 equipos se jerarquizan según el grado de criticidad que corresponda, en donde se clasifican en baja, media, alta y muy alta criticidad. En este caso, los equipos de muy alta criticidad corresponden a sprextim (100 puntos) y el distribuidor de cajas paletizado (105 puntos). Por otra parte, los equipos que cuentan con una alta criticidad corresponden a cintas transportadoras línea comercial (44 puntos), riel terrestre (48 puntos) y transferencia graneleras riel terrestre (75 puntos). Y por último, los equipos de media y baja criticidad corresponden a los 30 activos restantes de la empresa.

Con base en los resultados obtenidos, se ha determinado que el equipo seleccionado para desarrollar las propuestas de optimización del plan de mantenimiento será el distribuidor de cajas paletizado.

## **2 CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN EQUIPO CRÍTICO Y DESARROLLO DE ANÁLISIS FMECA**

## **2.1 DESCRIPCIÓN DE DISTRIBUIDOR DE CAJAS PALETIZADO**

Según la matriz de criticidad presentada en el capítulo N°1, el distribuidor de cajas paletizado es el equipo de mayor criticidad dentro del proceso productivo. Esto se debe a su alta frecuencia de fallas, registrando 10 averías anuales, y al significativo impacto que estas fallas generan en la operación.

El equipo está ubicado dentro del riel terrestre y antes del sistema de paletizado, tiene como función principal distribuir las cajas de manera adecuada según la categorización de las mandarinas. Su estructura está fabricada en acero inoxidable, garantizando el cumplimiento de los estándares necesarios para procesar alimentos, con alta resistencia a la corrosión, facilidad de limpieza y durabilidad en entornos exigentes.

Está compuesto por diversos componentes, como cintas transportadoras, transferencias neumáticas, sensores de detección y controladores lógicos programables (PLC), que trabajan en conjunto para realizar las funciones requeridas. Mediante un sistema de control automatizado, el equipo opera de forma precisa y sincronizada, utilizando sensores avanzados para detectar las características de las cajas y actuadores para dirigirlas a las áreas correspondientes.

Además de su diseño técnico, este equipo desempeña un papel crítico en el flujo de producción, al garantizar que la clasificación y distribución de las cajas se realicen de manera eficiente y sin errores. Su capacidad de procesamiento es alta, permitiendo manejar hasta 2500 cajas por hora y su diseño modular facilita la integración con otros sistemas, como clasificadores previos y el sistema de paletizado.

En la figura 2-1 se exhibe el equipo completo distribuidor de cajas paletizado, observando las cintas transportadoras, guías, lector de códigos, transferencias neumáticas, etc.



Figura 2-1: Distribuidor de Cajas Paletizado

Fuente: Elaboración propia

La figura 2-2 ilustra una parte del equipo distribuidor de cajas paletizado. En este caso, se muestra la transferencia neumática, cuya función es distribuir las cajas de manera precisa en el momento y lugar adecuados dentro del sector de paletizado.



Figura 2-2: Transferencia Neumática (Distribuidor de Cajas Paletizado)

Fuente: Elaboración propia

La figura 2-3 muestra el lector de códigos, el cual se encarga de detectar el código de barras, procesarlo a través de su sistema operativo y distribuir la información necesaria para activar la transferencia neumática en el momento y lugar preciso.



Figura 2-3: Lector Código de Barras (Distribuidor de Cajas Paletizado)

Fuente: Elaboración propia

## **2.2 DEFINICIÓN DE FUNCIONES**

El distribuidor de cajas se caracteriza por cumplir una función principal y una secundaria, las cuales cumplen con la norma SAE JA1011 al definir que “Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (cuantificado en cada caso que se pueda hacer)”.

Fuente: Elaboración propia a partir de SAE JA1011 Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

### **2.2.1 FUNCIÓN PRINCIPAL**

- Distribuir cajas a través de cintas transportadoras con un flujo continuo y ordenado, garantizando una tasa de transferencia de 2500 cajas por hora y con una capacidad de carga de hasta 15 kilogramos por caja.

### **2.2.2 FUNCIÓN SECUNDARIA**

- Guiar cajas mediante correas de transmisión con una tasa de transferencia de 2500 cajas por hora y asegurando una desviación máxima de  $\pm 5$  centímetros respecto al riel terrestre para evitar atascamientos.

## **2.3 FALLAS FUNCIONALES**

Una falla funcional es una condición en la cual un equipo/sistema es total o parcialmente, incapaz de cumplir los parámetros de funcionamiento definidos en sus funciones. Según la norma SAE JA1012, se responde la pregunta, “¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?”. En donde se identifican dos tipos de fallas funcionales según la función primaria y secundaria.

Fuente: Elaboración propia a partir de SAE JA1012 Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

Las fallas funcionales asociadas a las funciones principales y secundarias son las siguientes:

### **2.3.1 FALLAS FUNCIONALES PRINCIPALES**

- a) Distribuir cajas a una tasa de transferencia inferior a 2500 unidades por hora. (Falla Total)
- b) Distribuir cajas de forma incorrecta superior al 5% del total procesado. (Falla Parcial)

### **2.3.2 FALLAS FUNCIONALES SECUNDARIAS**

- c) Guiar las cajas a una tasa de transferencia inferior a 2500 unidades por hora. (Falla Total)
- d) Guiar cajas con una desviación mayor a  $\pm 5$  centímetros. (Falla Parcial)

## **2.4 MODOS DE FALLAS**

Un modo de falla es un evento causa raíz que puede tener ocurrencia en un componente y provocar la falla funcional de equipo/sistema, esta causa raíz puede ser de diversas maneras ya sea física, humana o administrativa, un modo de falla puede afectar a más de una falla funcional.

### **2.4.1 MODOS DE FALLAS PRINCIPALES**

- a) Distribuir cajas a una tasa de transferencia inferior a 2500 unidades por hora:
  - Motorreductor sobrecargado
  - Eje de transmisión fracturado
  - Cinta transportadora cortada

b) Distribuir cajas de forma incorrecta superior al 5% del total procesado:

- Cinta transportadora con pérdida de tensión
- Sensores descalibrados
- Sistema de control daño de software

#### **2.4.2 MODOS DE FALLAS SECUNDARIOS**

c) Guiar las cajas a una tasa de transferencia inferior a 2500 unidades por hora:

- Variador de frecuencia sobrecargado
- Correa de transmisión cortada
- Transferencia neumática con pérdida de compresión

d) Guiar cajas con una desviación mayor a  $\pm 5$  centímetros:

- Lector código de barras contaminado
- Correa de transmisión con pérdida de tensión
- Correa de transmisión desalineada

### **2.5 ANÁLISIS FMECA DISTRIBUIDOR DE CAJAS PALETIZADO**

Este análisis se desarrolla a partir de la matriz de criticidad elaborada en el capítulo N°1, la cual identifica los modos de falla con mayor relevancia según los criterios analizados. Una vez determinado el modo de falla más crítico del proceso productivo, en este caso el "Distribuidor de Cajas Paletizado", se procede a realizar el análisis FMECA. Este tiene como objetivo definir sus funciones, fallas potenciales y modos de falla asociados. Además, permite identificar indicadores claves como la frecuencia de fallas, el tiempo promedio de reparación, el impacto por no producción y los costos directos por fallas, necesarios para realizar un análisis de riesgo cuantitativo.

Por otro lado, el análisis de riesgo cualitativo para los modos de falla se lleva a cabo mediante una matriz de riesgo, considerando criterios de seguridad y ambiente.

El análisis FMECA se detalla en la tabla 2-1, donde se incluyen todos los elementos necesarios para evaluar los riesgos de manera tanto cuantitativa como cualitativa.

| Sistema/Sub-sistema                         | # | Descripción de Función                                                                                                                                                                                           | #   | Falla Funcional                                                                | #     | Modo de Falla                                     | Efecto de Falla                                                                                                                                                                               | Frecuencia<br>Fallas [año] | MTTR (LOG-EJEC-<br>PUESTA EN MARCHA) | Impacto por no<br>producción [CLP/h] | Costos directos por<br>falla [CLP/falla] | IMP SEG | IMP AMB | Riesgo cuantitativo [CLP/año] | Riesgo<br>cualitativo | Criticidad       |
|---------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------|-----------------------|------------------|
| Sistema de Distribuidor<br>Cajas Paletizado | 1 | Distribuir cajas a través de cintas transportadoras con un flujo continuo y ordenado, garantizando una tasa de transferencia de 2500 cajas por hora y con una capacidad de carga de hasta 15 kilogramos por caja | 1.1 | Distribuir cajas a una tasa de transferencia inferior a 2500 unidades por hora | 1.1.1 | Motorreductor sobrecargado                        | Evidente: SI<br>Afecta SHA: SI<br>Efecto operacional (síntomas): Sistema deja de transmitir potencia.<br>Acción correctiva: Cambio de motorreductor                                           | 1                          | 1,5                                  | \$11.764.680                         | \$455.980                                | B       | B       | \$18.103.000                  | BB                    | Media criticidad |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 1.1.2 | Eje de transmisión fracturado                     | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Paralización de cinta transportadora.<br>Acción correctiva: Cambio de eje de transmisión                                     | 1                          | 1,8                                  | \$11.764.680                         | \$386.176                                | B       | C       | \$21.562.600                  | BC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 1.1.3 | Cinta transportadora cortada                      | Evidente: SI<br>Afecta SHA: SI<br>Efecto operacional (síntomas): Interrupción de producción.<br>Acción correctiva: Cambio de cinta transportadora                                             | 1                          | 1,4                                  | \$11.764.680                         | \$630.582                                | A       | C       | \$17.101.134                  | AC                    | Media criticidad |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  | 1.2 | Distribuir cajas de forma incorrecta superior al 5% del total procesado        | 1.2.1 | Cinta transportadora con pérdida de tensión       | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Atascamientos, vibraciones y movimientos irregulares.<br>Acción correctiva: Tensar cinta transportadora                      | 1                          | 0,5                                  | \$11.764.680                         | \$1.993                                  | B       | C       | \$5.884.333                   | BC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 1.2.2 | Sensores descalibrados                            | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Atascamientos, paradas frecuentes del sistema.<br>Acción correctiva: Calibrar sensores                                       | 1                          | 0,4                                  | \$0                                  | \$1.595                                  | C       | C       | \$1.595                       | CC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 1.2.3 | Sistema de control daño de software               | Evidente: NO<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Pérdida de automatización, interrupciones de producción.<br>Acción correctiva: Revisar y reparar software de automatización. | 1                          | 2                                    | \$11.764.680                         | \$7.974                                  | C       | C       | \$23.537.334                  | CC                    | Baja criticidad  |
|                                             | 2 | Guiar cajas mediante correas de transmisión con una tasa de transferencia de 2500 cajas por hora y asegurando una desviación máxima de ±5 centímetros para evitar atascamientos                                  | 2.1 | Guiar las cajas a una tasa de transferencia inferior a 2500 unidades por hora  | 2.1.1 | Variador de frecuencia sobrecargado               | Evidente: SI<br>Afecta SHA: SI<br>Efecto operacional (síntomas): Paradas repentinas del equipo.<br>Acción correctiva: Cambio de variador de frecuencia                                        | 1                          | 3                                    | \$11.764.680                         | \$411.960                                | A       | B       | \$35.706.000                  | AB                    | Alta criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 2.1.2 | Correa de transmisión cortada                     | Evidente: SI<br>Afecta SHA: SI<br>Efecto operacional (síntomas): Atascamientos, incapacidad de guiar cajas.<br>Acción correctiva: Cambio de correa de transmisión                             | 1                          | 1,5                                  | \$11.764.680                         | \$352.980                                | A       | C       | \$18.000.000                  | AC                    | Media criticidad |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 2.1.3 | Transferencia neumática con pérdida de compresión | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Atascamientos, pérdida de compresión.<br>Acción correctiva: Cambio de sellos neumáticos                                      | 1                          | 1,2                                  | \$11.764.680                         | \$124.784                                | C       | C       | \$14.242.400                  | CC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  | 2.2 | Guiar cajas con una desviación mayor a ±5 centímetros                          | 2.2.1 | Lector código de barras contaminado               | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Atascamientos, destino erróneo de cajas.<br>Acción correctiva: Realizar limpieza de lector                                   | 1                          | 0,2                                  | \$0                                  | \$5.297                                  | C       | C       | \$5.297                       | CC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 2.2.2 | Correa de transmisión con pérdida de tensión      | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Atascamientos, vibraciones y movimientos irregulares.<br>Acción correctiva: Tensar correa de transmisión                     | 1                          | 0,8                                  | \$11.764.680                         | \$3.189                                  | B       | C       | \$9.414.933                   | BC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                | 2.2.3 | Correa de transmisión desalineada                 | Evidente: SI<br>Afecta SHA: NO<br>Efecto operacional (síntomas): Vibraciones anormales, desgaste irregular de orrea de transmisión<br>Acción correctiva: Alinear correa de transmisión        | 1                          | 0,3                                  | \$0                                  | \$1.196                                  | C       | C       | \$1.196                       | CC                    | Baja criticidad  |
|                                             |   |                                                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                |       |                                                   |                                                                                                                                                                                               |                            |                                      |                                      |                                          |         |         | \$163.559.823                 |                       |                  |

Tabla 2-1: Análisis FMECA Distribuidor de Cajas Paletizado

Fuente: Elaboración propia

2.5.1 IMPACTO POR NO PRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el desarrollo del análisis, es necesario explicar la metodología utilizada para llegar a los resultados obtenidos. En este caso, el objetivo es determinar el impacto económico asociado a la no producción. En primer lugar, se establece que la capacidad de producción es de 60 [ton/h], de esta cantidad se estima que el 90% corresponde a producción efectiva, mientras que el 10% representa pérdidas.

El valor económico perdido por cada kilogramo de mandarinas no producidas es de \$1.961 [CLP/kg], lo que equivale a una pérdida de \$1.960.780 [CLP/ton]

Finalmente, para calcular el impacto económico por hora debido a la no producción, se multiplica el 10% de la pérdida en la producción 6 [ton/h] por el valor económico de la pérdida por tonelada. De este modo, se obtiene un impacto de \$11.764.680 [CLP/h].

| Impacto por no producción    |               |           |
|------------------------------|---------------|-----------|
| Producción tonelada por hora | 60            | [ton/h]   |
| Producción efectiva 90%      | 54            | [ton/h]   |
| Pérdida de producción 10%    | 6             | [ton/h]   |
| Horas diarias trabajadas     | 11            | [h]       |
| Producción tonelada por día  | 660           | [ton/h]   |
| Pérdida dinero por kilogramo | \$ 1.961      | [CLP/kg]  |
| Pérdida dinero por tonelada  | \$ 1.960.780  | [CLP/ton] |
| Impacto por no producción    | \$ 11.764.680 | [CLP/h]   |

Tabla 2-2: Impacto por no producción

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 COSTOS DIRECTOS POR FALLA

Para definir los costos directos por falla, primero se determina el costo de la hora hombre. Este se calcula a partir del sueldo bruto de los trabajadores, que es de \$1.435.252.- CLP. Dividiendo esta cantidad entre 30 días, que corresponden a un mes de trabajo, se obtiene un valor diario de \$47.842.- CLP. Dividiendo a su vez ese monto entre las horas laborales diarias, se obtiene un costo de aproximadamente \$3.987.- CLP por hora hombre.

Este valor se multiplica por el tiempo promedio necesario para realizar la reparación (MTTR), el cual incluye el tiempo de logística, ejecución y puesta en marcha. A este resultado se le suma el costo de insumos y repuestos necesarios para cada modo de falla. Para finalmente obtener lo costos directos por cada falla.

2.6 CUANTIFICACIÓN RIESGO CUANTITATIVO

Se determina el riesgo cuantitativo para cada modo de falla según:

- Frecuencia de fallas: Frecuencia anual de fallas.
- MTTR: Tiempo promedio para reparar, considerando tiempos logísticos, ejecución de actividades y puesta en marcha.
- Impacto producción: Costos de ineficiencia por hora.
- Costos directos por falla: Costos para reparar la falla, considerando la hora hombre, insumos, repuestos, logística, confinamiento, etc.

$$RC = FF * (MTTR * (IP + CF))$$

Ecuación 2-1: Riesgo cuantitativo

Fuente: Elaboración propia a partir de Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad en la Gestión de Activos

2.7 CUANTIFICACIÓN RIESGO CUALITATIVO

Para evaluar el riesgo cualitativo, se consideran aspectos relacionados con la seguridad y el ambiente, los cuales se categorizan de acuerdo con la siguiente clasificación:

En la figura 2-4 se presenta la matriz de riesgo 3x3 considerando los aspectos de seguridad y ambiente.

- A: Alto impacto
- B: Medio impacto
- C: Bajo impacto

| Matriz de riesgo cualitativo |   |          |    |    |
|------------------------------|---|----------|----|----|
|                              |   | Ambiente |    |    |
| Seguridad                    |   | C        | B  | A  |
|                              | A | AC       | AB | AA |
|                              | B | BC       | BB | BA |
|                              | C | CC       | CB | CA |

Figura 2-4: Matriz de Riesgo Cualitativo

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la matriz de riesgo cualitativo, los modos de fallas se categorizan de la siguiente manera:

Dentro de la figura 2-5 se exhibe la ubicación exacta donde se encuentran cada modo de falla, dependiendo de su categorización de aspectos de seguridad y ambiente.

- Clasificación AA; AB; BA: Riesgo máximo
- Clasificación AC; BB; CA: Riesgo medio
- Clasificación BC; CC; CB: Riesgo mínimo

| Matriz de riesgo cualitativo |   |                                           |       |   |
|------------------------------|---|-------------------------------------------|-------|---|
| Seguridad                    | A | 1.1.3<br>2.1.2                            | 2.1.1 |   |
|                              | B | 1.1.2<br>1.2.1<br>2.2.2                   | 1.1.1 |   |
|                              | C | 1.2.2<br>1.2.3<br>2.1.3<br>2.2.1<br>2.2.3 |       |   |
|                              |   | C                                         | B     | A |
|                              |   | Ambiente                                  |       |   |

Figura 2-5: Modos de Fallas en Matriz de Riesgo Cualitativo

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos, la jerarquización por riesgo facilita tomar decisiones fundamentales sobre las acciones de mantenimiento. Este proceso organiza los modos de fallas según su puntuación de criticidad, facilitando la priorización de las medidas de mitigación y corrección.

Los modos de fallas con puntuaciones de riesgo más altos son considerados críticos y demandan atención inmediata; en este caso, destaca el modo de falla “Variador de frecuencia sobrecargado

## **2.8 DEFINICIÓN Y COSTOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

En la siguiente etapa se determina las actividades a realizar para cada modo de falla según la hoja de decisiones. En el cual se reconocen cuatro tipos de fallas que pueden afectar al equipo/sistema, descritas de la siguiente manera:

- **Tipo H (Ocultas):** Fallas que no son evidentes y requieren métodos específicos para su detección.
- **Tipo S (Seguridad):** Fallas que representan un riesgo para la integridad física de las personas o la seguridad del entorno.
- **Tipo E (Medio ambiental):** Fallas que tienen impacto negativo sobre el medio ambiente.
- **Tipo O (Operacionales):** Fallas que afectan directamente el rendimiento o la funcionalidad del equipo o sistema.

De acuerdo con la clasificación de cada tipo de falla, se lleva a cabo análisis minucioso para decidir la acción más adecuada a implementar para cada modo de falla, considerando las siguientes formas de desarrollar las actividades:

- **Tarea a condición:** Consiste en realizar actividades de mantenimiento en respuesta a señales o indicadores específicos que muestran cambios en las condiciones operativas de un equipo o componente. Este enfoque se basa en el monitoreo continuo de parámetros claves como temperatura, vibración, presión, entre otros. El mantenimiento basado en condición permite intervenir únicamente cuando se detectan desviaciones que puedan conducir a la falla, realizando la tarea necesaria para prevenirla.
- **Tarea reacondicionamiento cíclico:** Este tipo de tareas implica acciones de mantenimiento de forma periódica y programada con el objetivo de restaurar o reacondicionar un componente, equipo o sistema a un estado óptimo. Independientemente de su condición actual, estas actividades se llevan a cabo como medida preventiva para evitar fallas o deterioros en el activo.
- **Tarea sustitución cíclica:** Este tipo de tareas consiste en el remplazo de componentes y elementos de forma periódica y programada. A diferencia del reacondicionamiento, que busca restaurar un componente, en este enfoque se retiran y reemplazan partes completas, incluso si aún están en buen estado. Este método se basa en el principio de que ciertos componentes tienen una vida útil definida, por lo que se sustituyen antes de que fallen.

La selección de actividades de mantenimiento se lleva a cabo utilizando la hoja de decisiones del RCM II John Moubray, ilustrado en la figura 2-6. (Ver anexo C para hoja de decisión)

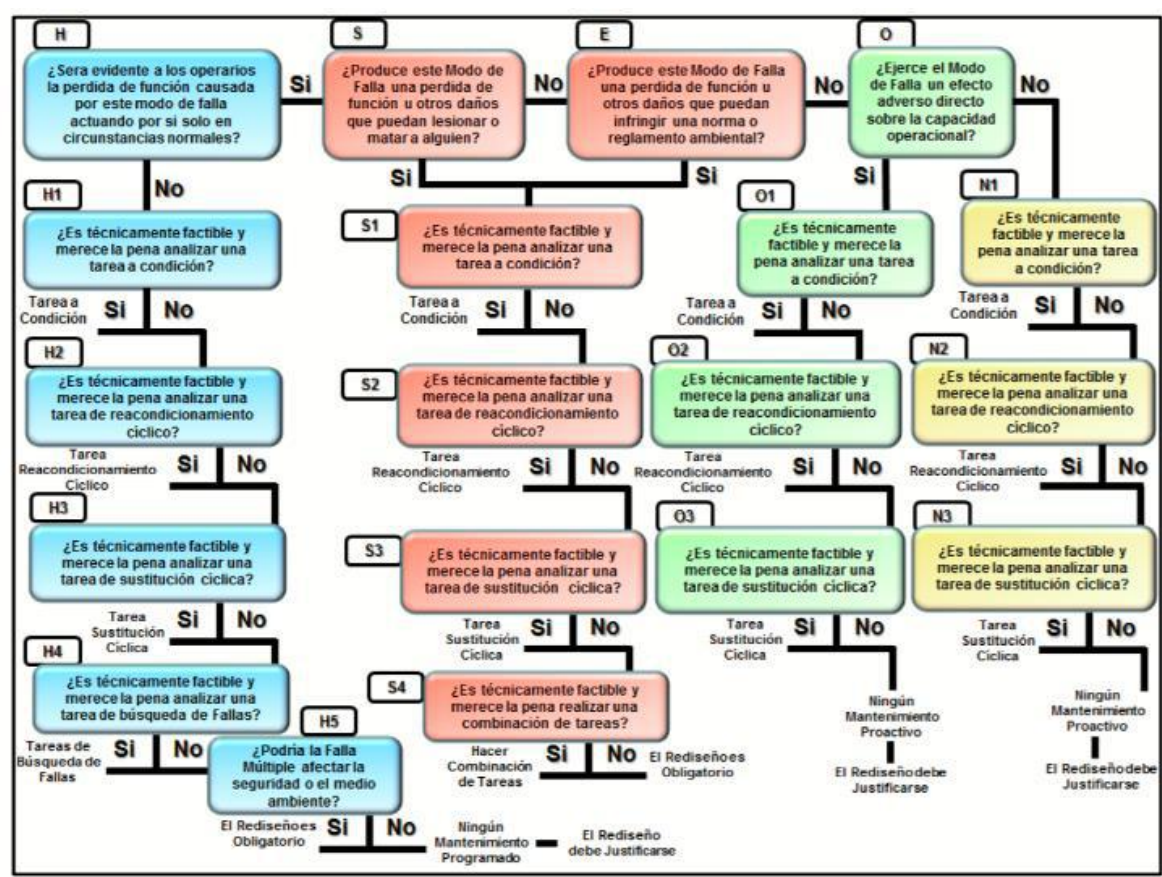


Figura 2-6: Hoja de decisión RCM

Fuente: RCM II John Moubray

La definición de actividades de mantenimiento generan resultados que sirven como una guía clara para la planificación y ejecución, destacando su contribución a una mejor definición de tareas, planificación eficiente, priorización de acciones, estimación precisa de los costos, optimización de recursos y el impulso hacia la mejora continua.

En la tabla 2-2 se muestra cada modo de falla con su respectiva acción a ejecutar, según árbol de decisión. También se refleja los costos asociados a cada actividad, considerando la frecuencia de aplicación, N.º de personas realizando la tarea, horas hombre, tarifa especialidad, insumos, repuestos y servicios.

| #     | Modo de Falla                                     | Riesgo cuantitativo [CLP/año] | Actividad Mtto              | Acción a ejecutar                                                                                | Frecuencia aplicación | Nº de personas | HH ejecución | Tarifa especialidad | Insumos, materiales o servicios | PPTO Anual  |
|-------|---------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|--------------|---------------------|---------------------------------|-------------|
| 1.1.1 | Motorreductor sobrecargado                        | \$18.103.000                  | A condición                 | Reemplazo de motorreductor dañado.                                                               | 1                     | 2              | 1,5          | \$47.842            | \$450.000                       | \$593.525   |
| 1.1.2 | Eje de transmisión fracturado                     | \$21.562.600                  | A condición                 | Reemplazo de eje de transmisión dañado.                                                          | 1                     | 2              | 1,8          | \$47.842            | \$379.000                       | \$551.230   |
| 1.1.3 | Cinta transportadora cortada                      | \$17.101.134                  | A condición                 | Reemplazo de cinta transportadora dañada.                                                        | 1                     | 2              | 1,4          | \$47.842            | \$625.000                       | \$758.957   |
| 1.2.1 | Cinta transportadora con pérdida de tensión       | \$5.884.333                   | Reacondicionamiento cíclico | Efectuar tensado de cinta transportadora, prueba de funcionamiento e inspección posterior.       | 3                     | 2              | 0,5          | \$47.842            | \$0                             | \$143.525   |
| 1.2.2 | Sensores descalibrados                            | \$1.595                       | Reacondicionamiento cíclico | Realizar calibración de sensores y prueba de funcionamiento.                                     | 2                     | 2              | 0,4          | \$47.842            | \$0                             | \$76.547    |
| 1.2.3 | Sistema de control daño de software               | \$23.537.334                  | A condición                 | Revisar y reparar el software de automatización.                                                 | 1                     | 1              | 2            | \$47.842            | \$50.000                        | \$145.683   |
| 2.1.1 | Variador de frecuencia sobrecargado               | \$35.706.000                  | A condición                 | Reemplazo de variador de frecuencia dañado.                                                      | 1                     | 2              | 3            | \$47.842            | \$400.000                       | \$687.050   |
| 2.1.2 | Correa de transmisión cortada                     | \$18.000.000                  | A condición                 | Reemplazo de correa de transmisión.                                                              | 1                     | 2              | 1,5          | \$47.842            | \$347.000                       | \$490.525   |
| 2.1.3 | Transferencia neumática con pérdida de compresión | \$14.242.400                  | Sustitución cíclica         | Realizar cambio de sellos neumáticos y prueba de funcionamiento.                                 | 1                     | 2              | 1,2          | \$47.842            | \$120.000                       | \$234.820   |
| 2.2.1 | Lector código de barras contaminado               | \$5.297                       | Reacondicionamiento cíclico | Realizar limpieza de lector y prueba de funcionamiento.                                          | 2                     | 1              | 0,2          | \$47.842            | \$4.500                         | \$28.137    |
| 2.2.2 | Correa de transmisión con pérdida de tensión      | \$9.414.933                   | Reacondicionamiento cíclico | Efectuar tensado de correa de transmisión, prueba de funcionamiento e inspección posterior.      | 3                     | 2              | 0,8          | \$47.842            | \$0                             | \$229.640   |
| 2.2.3 | Correa de transmisión desalineada                 | \$1.196                       | Reacondicionamiento cíclico | Realizar alineamiento de correa de transmisión, prueba de funcionamiento e inspección posterior. | 3                     | 2              | 0,3          | \$47.842            | \$0                             | \$86.115    |
|       |                                                   | \$163.559.823                 |                             |                                                                                                  |                       |                |              |                     | Costo total                     | \$4.025.756 |

Tabla 2-3: Actividades Mantenimiento Distribuidor de Cajas Paletizado según Hoja de decisión

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2-2 presenta un análisis detallado de cada modo de falla, incluyendo su actividad de mantenimiento y la acción a ejecutar. Para cada caso, se contemplan variables como la frecuencia de aplicación, el número de personas necesarias, las horas hombre de ejecución, la tarifa especialidad, así como los insumos, materiales o servicios requeridos. A partir de esa información, es posible determinar el presupuesto anual asociado a cada modo de falla.

El costo total de la implementación de la metodología RCM asciende a \$ 4.025.756.- CLP anuales. Dentro de los modos de fallas analizados, el de mayor impacto económico corresponde a la cinta transportadora cortada, con un costo anual de \$ 758.957.- CLP. Esta falla está asociada a una actividad de mantenimiento a condición, la cual implica realizar intervenciones en respuesta a señales o indicadores específicos que evidencian cambios en las condiciones operativas del equipo o componente. En este caso, la intervención se realiza cuando la cinta transportadora se corta y deja de cumplir su función.

Por otro lado, el cambio de la cinta transportadora es realizado por dos mecánicos en un tiempo estimado de 1,4 horas, con una tarifa por especialidad de \$ 47.842.- CLP. Además, el costo de insumos y materiales asociados a esta tarea asciende a \$ 625.000.- CLP.

### **3   CAPÍTULO 3: ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA METODOLOGÍA** **RCM**

### **3.1 ANÁLISIS DE PROPUESTAS RCM**

El análisis de las recomendaciones establecidas por la metodología RCM tiene como objetivo evaluar la planificación de las tareas de mantenimiento y realizar un estudio sobre la visibilidad económica de la optimización al plan de mantenimiento. Además, se busca comparar el enfoque actual de mantenimiento y la propuesta basada en RCM, destacando sus principales ventajas y los resultados esperados tras su implementación.

La metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, se fundamenta en la identificación de estrategias de mantenimiento que aseguren la confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos. En el contexto de la empresa procesadora de frutos críticos Jorge Schmidt Compañía Limitada, el enfoque RCM se plantea como una solución para enfrentar las deficiencias identificadas en el mantenimiento mayor, que representan el 39,4% del presupuesto total del área.

Para implementar la estrategia de trabajo, es fundamental comenzar definiendo parámetros clave, como la descripción del activo, las funciones principales y secundarias que desempeña el activo, las fallas funcionales que pueden afectar su desempeño, y los modos de falla asociados a dichas fallas. Estos elementos proporcionan una base sólida para estructurar y desarrollar la estrategia de manera efectiva. Luego se detallan indicadores claves para determinar la cuantificación del riesgo cuantitativo, considerando frecuencia de fallas, tiempo promedio de reparación, costos de impacto por no producción y costos directos por fallas.

A partir de estos indicadores, se priorizan los modos de falla que presentan los valores más altos, con el fin de orientar la ejecución de la implementación de manera eficiente y estratégica. Los tres valores más altos identificados son los siguientes:

- Variador de frecuencia sobrecargado (\$ 35.706.000.- CLP/año)
- Sistema de control dañado (\$ 23.537.334.- CLP/año)
- Eje de transmisión fracturado (\$ 21.562.600.- CLP/año)

También se determina el riesgo de forma cualitativa considerando aspectos de seguridad y ambiente, con el objetivo de priorizar los más críticos. Los tres modos de fallas más críticos son los siguientes:

- Variador de frecuencia sobrecargado (Riesgo Máximo)
- Motorreductor sobrecargado (Riesgo Medio)
- Correa de transmisión cortada (Riesgo Medio)

3.2 PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

A partir de las actividades de reacondicionamiento y sustitución cíclica se elabora una planificación de actividades mediante una carta Gantt, la cual nos ayuda a planificar y ordenar de manera estructurada las intervenciones de mantenimiento. Este tipo de herramienta permite una mejor gestión del tiempo, asignación de recursos y control del progreso de cada actividad.

La carta Gantt permite visualizar de forma inmediata la duración de cada intervención y su secuencia, evitando solapamientos innecesarios y optimizando los tiempos de ejecución. De igual forma, se observa una planificación escalonada que permite distribuir eficientemente los recursos técnicos disponibles.

En el gráfico se presentan distintas tareas de mantenimiento programadas entre el 1 y el 8 de noviembre de 2025. Cada actividad se encuentra claramente identificada, como se muestra en la figura 3-1.

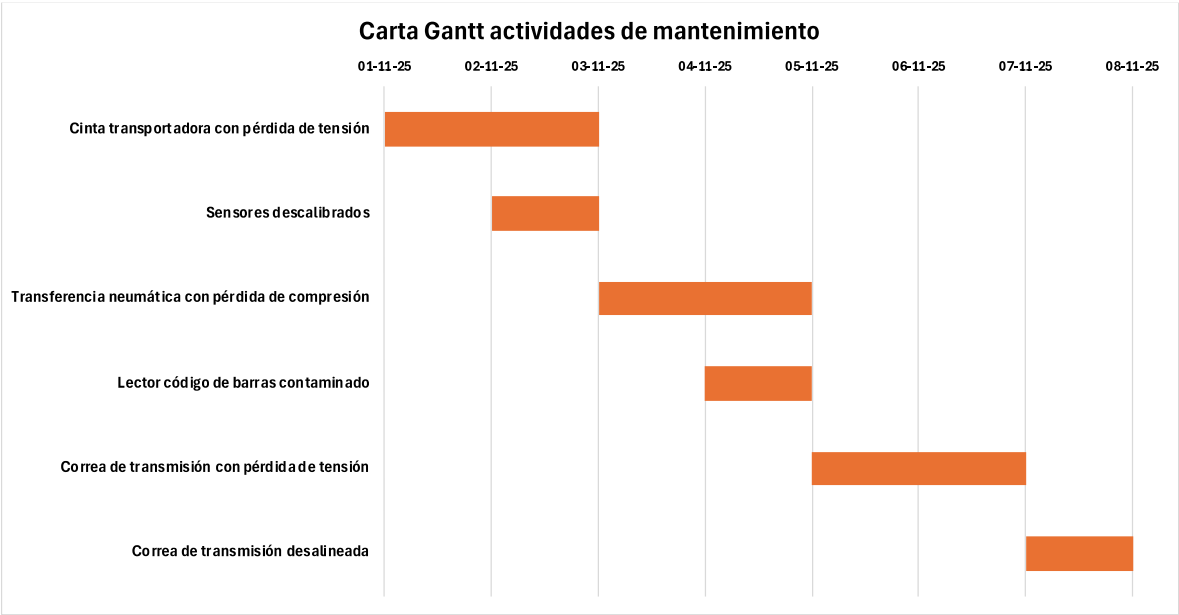


Figura 3-1: Carta Gantt Planificación de actividades

Fuente: Elaboración propia

3.3 COSTOS DE INSUMOS Y RESPUESTOS SEGÚN MODO DE FALLAS

Con el objetivo de realizar el mantenimiento preventivo propuesto por la metodología RCM, primero que todo se debe definir los costos de insumos y repuestos para la realización y el posterior éxito del plan. Los costos se obtienen desde la bitácora de mantenimiento de la empresa y también a través de la página web Tecnovill.com, con los respectivos datos se elabora la tabla 3-1 la cual consiste en definir los costos de insumos y repuestos para cada modo de falla.

*Fuente: Productos para procesadora de frutos cítricos. (s.f.). Obtenido de Tecnovill*

| Costos insumos y repuestos según modo de falla    |              |       |
|---------------------------------------------------|--------------|-------|
| Motoreductor sobrecargado                         | \$ 450.000   | [CLP] |
| Eje de transmisión fracturado                     | \$ 379.000   | [CLP] |
| Cinta transportadora cortada                      | \$ 625.000   | [CLP] |
| Cinta transportadora pérdida de tensión           | \$ -         | [CLP] |
| Sensores descalibrados                            | \$ -         | [CLP] |
| Sistema de control dañado                         | \$ -         | [CLP] |
| Variador de frecuencia sobrecargado               | \$ 400.000   | [CLP] |
| Correa transportadora cortada                     | \$ 347.000   | [CLP] |
| Transferencia neumática con pérdida de compresión | \$ 120.000   | [CLP] |
| Lector código de barras contaminado               | \$ 4.500     | [CLP] |
| Correa transportadora pérdida de tensión          | \$ -         | [CLP] |
| Correa transportadora desalineada                 | \$ -         | [CLP] |
| Total                                             | \$ 2.325.500 | [CLP] |

Tabla 3-1: Costos insumos y repuestos

Fuente: Elaboración propia

En base a la tabla 3-1 algunos modos de fallas no presentan un valor monetario, dado que las respectivas fallas no requieren insumos o repuestos para la posterior reparación y mantenimiento de los modos de fallas.

Los valores obtenidos se reflejan para los modos de fallas del distribuidor de cajas paletizado, alcanzando un total de \$ 2.325.500.- CLP los cuales representa el 57,7 % del valor total de la implementación propuesta.

3.4 COSTOS DE HORA HOMBRE

La definición de la hora hombre de la empresa Jorge Schmidt Cía. Ltda., se obtiene directamente desde las bitácoras del departamento de mantenimiento. En promedio la remuneración bruta de un mecánico mantenedor es de \$ 1.435.252.- CLP, ese valor refleja la cantidad de dinero que gasta la empresa por recibir el servicio de cada trabajador. El sueldo liquido es de \$ 1.079.137.- CLP el cual incluye la remuneración y las horas extras o bonos, considerando los respectivos descuentos de AFP y salud.

Según la definición de los valores, el costo diario de un mantenedor es de \$ 47.842.- CLP, por ende si el trabajador realiza un turno de 12 horas el valor de la hora hombre es de \$ 3.987.- CLP.

La tabla 3-2 representa el valor de la hora hombre, con la finalidad de poder cuantificar cuánto dinero se utilizara en la propuesta de optimización.

| Hora hombre          |                 |              |
|----------------------|-----------------|--------------|
| Remuneración         | \$ 860.000      | [CLP]        |
| Horas extras y bonos | \$ 219.137      | [CLP]        |
| Sueldo liquido       | \$ 1.079.137    | [CLP]        |
| Sueldo bruto         | \$ 1.435.252    | [CLP]        |
| Sueldo diario        | \$ 47.842       | [CLP]        |
| <b>Hora hombre</b>   | <b>\$ 3.987</b> | <b>[CLP]</b> |

Tabla 3-2: Costos de hora hombre

Fuente: Elaboración propia

3.5 DISPONIBILIDAD DEL DISTRIBUIDOR CAJAS PALETIZADO

La disponibilidad del equipo crítico es un indicador clave en la gestión de activos, ya que representa el porcentaje de tiempo operativo y disponible para cumplir su función en un periodo determinado. Este parámetro, esencial para evaluar el desempeño y fomentar la mejora continua en el proceso productivo.

Para cada caso en particular, se determinan los indicadores clave del equipo crítico considerando los periodos de inactividad, incluyendo tiempos de reparación, pérdidas en operación, fallas en automatismo y otras fallas. Además, se calcula el tiempo operativo, que corresponde al periodo efectivo en el cual el equipo estuvo en funcionamiento durante el tiempo de temporada. Estos indicadores nos permiten determinar la disponibilidad para cada caso en cuestión.

Para calcular la disponibilidad del equipo, primero se debe sumar el tiempo total en que se encuentra fuera de servicio, considerando el tiempo de reparación, la pérdida de operación, las fallas en automatismo y otras fallas, lo que da un total de 89,35 horas. El tiempo operativo, obtenido de las bitácoras del departamento de mantenimiento, es de 567 horas. La disponibilidad se calcula dividiendo el tiempo operativo entre la suma del tiempo operativo y el tiempo fuera de servicio, lo que da como resultado una disponibilidad del 86,39%.

La tabla 3-3 muestra los indicadores claves para la determinación de la disponibilidad del equipo crítico para la situación actual. Obteniendo un valor de 86,39%.

| Plan de Mtto Actual                |       |     |
|------------------------------------|-------|-----|
| Tiempo total de reparación         | 14,60 | [h] |
| Tiempo total pérdidas en operación | 41,46 | [h] |
| Tiempo total fallas automatismo    | 11,23 | [h] |
| Tiempo total otras fallas          | 22,06 | [h] |
| Tiempo operativo (TO)              | 567   | [h] |
| Tiempo fuera de servicio (TFS)     | 89,35 | [h] |
| Disponibilidad                     | 86,39 | %   |

Tabla 3-3: Disponibilidad Plan de Mantenimiento Actual

Fuente: Elaboración propia

Al momento de implementar la metodología RCM, se recalcula los indicadores claves para evaluar la disponibilidad del equipo crítico.

Teóricamente, la aplicación de este método debería reducir significativamente el tiempo de reparación del distribuidor de cajas paletizado, lo que mejoraría tanto los tiempos promedio operativos como los periodos fuera de servicio. Como resultado, se espera un incremento notable en la disponibilidad del equipo, optimizando su desempeño y contribuyendo a la eficiencia del proceso productivo.

Para calcular la disponibilidad del equipo, primero se debe determinar el tiempo total en que se encuentra fuera de servicio, considerando la pérdida de operación, las fallas en automatismo y otras fallas, lo que da un total de 74,75 horas. El tiempo operativo, según las bitácoras del departamento de mantenimiento, es de 567 horas. Sin embargo, al implementar la metodología RCM, se elimina el tiempo de reparación, sumando ese tiempo previamente considerado como fuera de servicio al tiempo en que la máquina estará disponible, obteniendo así un nuevo tiempo operativo de 581,6 horas. La disponibilidad se calcula dividiendo el tiempo operativo entre la suma del tiempo operativo y el tiempo fuera de servicio, lo que da como resultado una disponibilidad del 88,61%.

La tabla 3-4 exhibe los tiempos de inactividad del equipo crítico, divididos en categorías como reparaciones, pérdidas en operación y fallas específicas. Al sumar estos valores, se obtiene el tiempo total fuera de servicio del equipo. Asimismo, en esta tabla se refleja el tiempo operativo del equipo, lo que permite una comparación directa y facilita el cálculo de la disponibilidad. La disponibilidad incremento de 86,39% a 88,61%, lo que representa una ganancia de 2,22 puntos porcentuales de disponibilidad para el equipo más crítico del proceso, logrando un significativo avance con respecto a la disponibilidad esperada de 90%.

| Propuesta RCM                      |       |     |
|------------------------------------|-------|-----|
| Tiempo total de reparación         | 0     | [h] |
| Tiempo total pérdidas en operación | 41,46 | [h] |
| Tiempo total fallas automatismo    | 11,23 | [h] |
| Tiempo total otras fallas          | 22,06 | [h] |
| Tiempo operativo (TO)              | 581,6 | [h] |
| Tiempo fuera de servicio (TFS)     | 74,75 | [h] |
| Disponibilidad                     | 88,61 | %   |

Tabla 3-4: Disponibilidad Propuesta RCM

Fuente: Elaboración propia

**3.6 COMPARACIÓN ENTRE ENFOQUE ACTUAL Y RCM**

Como se determinó en los capítulos anteriores el enfoque actual de mantenimiento se basa en efectuar actividades de conservación durante 8 meses de inactividad del proceso (Noviembre hasta Junio), con el objetivo de asegurar su correcto desempeño y funcionamiento al momento de ser requerida. Específicamente, se ejecuta un mantenimiento mayor, que consiste en efectuar un proceso metódico y detallado en el que una máquina es completamente desarmada. Posteriormente, se somete a un análisis exhaustivo, se reemplazan las piezas y componentes desgastados por otras nuevas para finalmente volver a ensamblar y restaurar su rendimiento óptimo. Esta aplicación implica altos tiempos de reparación, posibilidad de errores en el ensamblaje y un alto costo asociado a los componentes nuevos a cambiar en el equipo. El costo total anual que representa la implementación del mantenimiento mayor consta de \$ 133.348.000.- CLP, utilizando un 39,4% del presupuesto total anual del departamento de mantenimiento correspondiente a \$ 338.352.795.- CLP.

La figura 3-1 muestra los porcentajes de distribución del presupuesto asignado a cada área del departamento de mantenimiento.

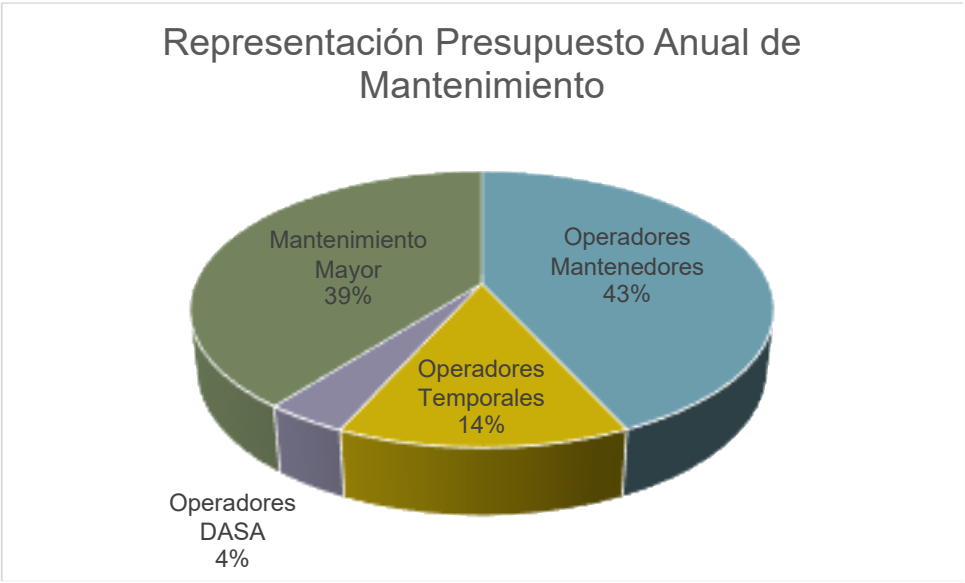


Figura 3-2: Representación Presupuesto Anual de Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En la actualidad los costos del departamento de mantenimiento se dividen en distintas secciones, Una parte importante se destina a la remuneración de los operadores mantenedores, quienes tienen la responsabilidad de operar y realizar mantenimiento a la maquinaria específica. También se incluyen los costos asociados a los operadores temporales, los cuales son contratados exclusivamente en épocas de alta demanda para suplir la deficiencia del personal requerido para el proceso productivo. Asimismo, se consideran los operadores DASA, los cuales son enviados desde el packing de paltas de la misma empresa mandante, para apoyar en labores de operación y mantenimiento. Por último, se encuentra el costo de mantenimiento mayor, que abarca los gastos relacionados con repuestos, logística, consumibles, insumos y otros recursos necesarios para las intervenciones más significativas.

La figura 3-2 expone los gastos mensuales de cada área a través de un gráfico de barras. En este gráfico, se observa la mayor concentración de inversión en los meses de enero y febrero.

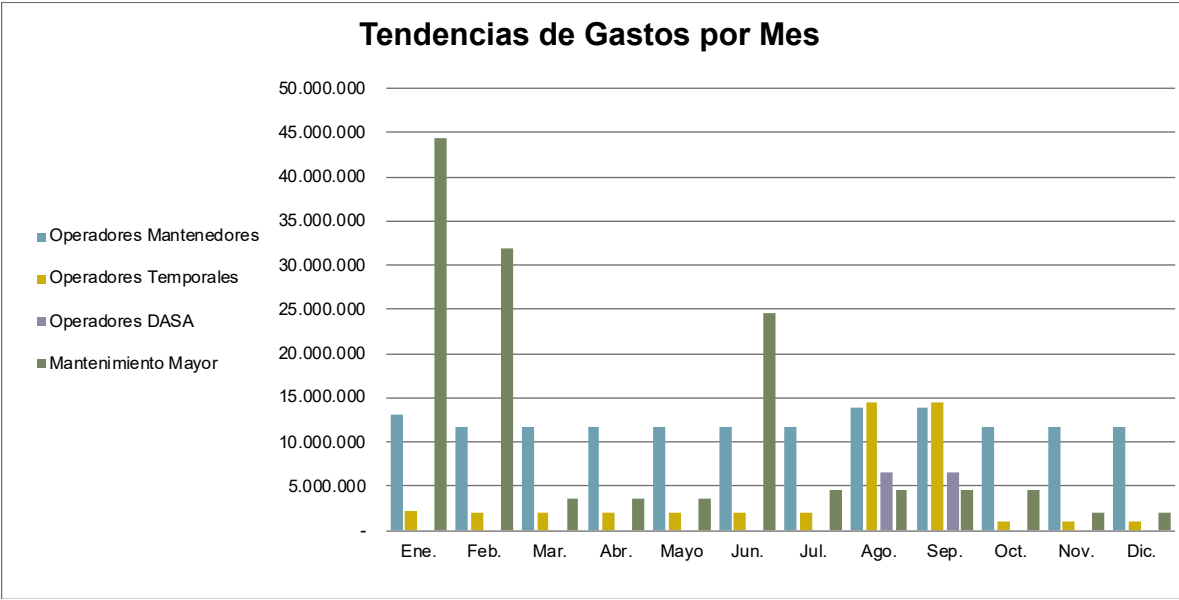


Figura 3-3: Tendencia de Gastos por Mes

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el enfoque RCM desarrollado en el capítulo N°2 define las actividades necesarias para cada modo de falla, con el objetivo de reducir el riesgo y los costos asociados a las fallas. Este enfoque permite optimizar las intervenciones de mantenimiento, mejorando la confiabilidad y eficiencia de los equipos. Al centrarse en aplicar medidas preventivas específicas, se disminuye la probabilidad de fallas inesperadas, lo que resulta en menores costos operativos, tiempos de inactividad reducidos y una vida útil prolongada para los equipos.

Esto significa que si la empresa lleva a cabo la propuesta de optimización e invierte \$4.025.756.- CLP correspondiente a la metodología RCM, obtendrá un beneficio significativo al prevenir las fallas más recurrentes y comunes del distribuidor de cajas paletizado. Este beneficio se refleja en una reducción del riesgo total anualizado estimado en \$ 163.559.823.- CLP, lo que demuestra la efectividad del enfoque al minimizar los gastos asociados a reparaciones, tiempos de inactividad y pérdida de productividad.

En la tabla 3-5 se refleja la comparación entre el enfoque actual de mantenimiento y la propuesta basada en la metodología RCM, en este análisis se destaca el beneficio anual esperado gracias a la implementación de la propuesta, obteniendo un valor de \$159.534.068.- CLP.

|                                                | Plan Actual Mtto Mayor | Plan Propuesta RCM |
|------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Horas de ejecución plan de mtto preventivo [h] | 0                      | 14,6               |
| Horas de ejecución plan de mtto correctivo [h] | 14,6                   | 0                  |
| Costo de implementación [CLP/año]              | \$ -                   | \$ 4.025.756       |
| Riesgo total anualizado (RTA) [CLP/año]        | \$ 163.559.823         | \$ 163.559.823     |
| Costo total mantenimiento [CLP/año]            | \$ 163.559.823         | \$ 4.025.756       |
| Beneficio esperado [CLP/año]                   | \$ -                   | \$ 159.534.068     |

Tabla 3-5: Comparación Plan actual y Propuesta RCM

Fuente: Elaboración propia

### **3.7 RIESGOS Y CONTINGENCIAS ECONÓMICAS**

Considerando la relevancia estratégica de la implementación de la metodología RCM en el proceso productivo de frutos cítricos, es fundamental abordar los riesgos y contingencias económicas asociados a esta iniciativa. Dada la importancia crítica de estos equipos para la continuidad de la línea de producción, existe un riesgo inherente a cualquier cambio en los procesos de mantenimiento. Los costos iniciales de implementación, como la capacitación del personal en nuevas metodologías, la adquisición de herramientas especializadas o la posible necesidad de parar la operación para llevar a cabo cambios, pueden representar un desafío financiero significativo.

Asimismo, existe el riesgo de que las mejoras propuestas no generen el impacto esperado en la disponibilidad, lo que podría resultar en costos adicionales de ajuste o revisión de las estrategias implementadas. Además, los tiempos de adaptación a las nuevas prácticas podrían generar una disminución temporal en la eficiencia operativa antes de que se logren observar los beneficios completos.

Por lo tanto, es fundamental considerar estrategias de contingencia que contemplen un monitoreo constante, revisiones periódicas y ajustes ágiles para mitigar cualquier desviación en los objetivos financieros y operativos.

### **3.8 ANÁLISIS ECONÓMICO DE FACTIBILIDAD**

El análisis de la prefactibilidad técnica muestra indicadores favorables para la optimización del plan de mantenimiento en la empresa, lo que sugiere que su implementación es viable. Se plantea la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad priorizando un enfoque selectivo en los activos más críticos, con especial énfasis en el distribuidor de cajas paletizado, considerado esencial para la operación segura y eficiente.

Los factores clave en la prefactibilidad incluyen la reducción del tiempo de inactividad ante fallos, la disminución de la probabilidad de futuras averías y la comparación de la vida útil del equipo antes y después de la optimización del mantenimiento. Además, se evaluará la eficiencia operativa mediante métricas de desempeño, costos de mantenimiento y cumplimiento normativo.

La implementación del RCM no solo busca mejorar la confiabilidad y disponibilidad del sistema, sino también optimizar los recursos, reducir costos asociados a fallas imprevistas y garantizar la seguridad operativa. En última instancia, este enfoque permitirá una toma de decisiones más informada basada en datos, minimizando riesgos y maximizando la vida útil de los activos estratégicos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

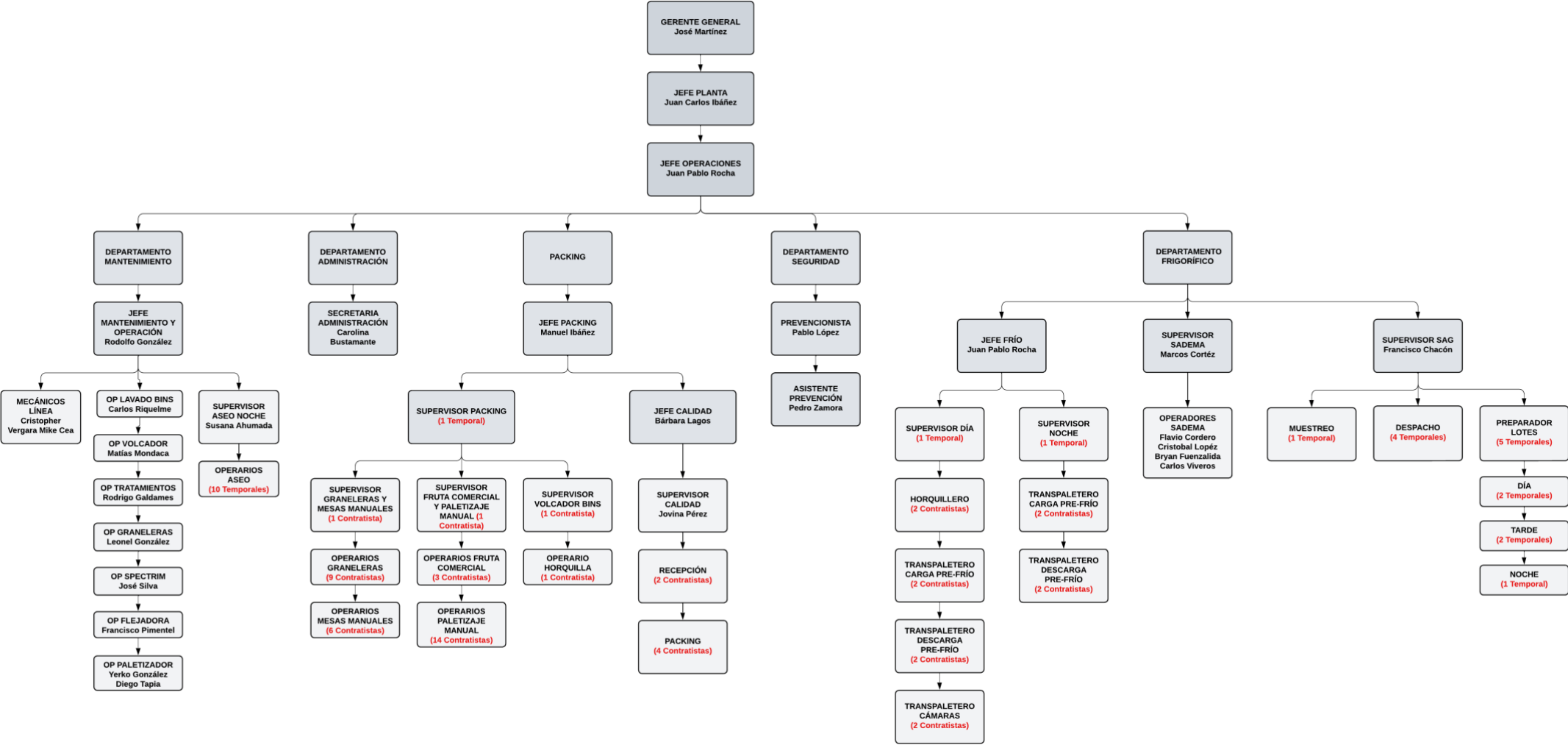
La implementación de la metodología RCM en el plan de mantenimiento de la empresa Jorge Schmidt Cía. Ltda. representa un enfoque innovador y efectivo para abordar las deficiencias identificadas en el sistema actual. Gracias al análisis detallado de criticidad y modos de fallas, se logró priorizar los equipos más críticos del proceso, como el distribuidor de cajas paletizado, y definir acciones específicas con el objetivo de aumentar la confiabilidad y disponibilidad operativa. El enfoque actual de mantenimiento mayor o también llamado overhaul, es efectivo al momento de restaurar la función de los equipos, pero a su vez genera altos costos debido a la ejecución innecesarias de actividades no estratégicas y al reemplazo de componentes sin un análisis detallado de su estado. En cambio, la aplicación propuesta del enfoque RCM permite enfocar los recursos en actividades de mantenimiento claves, optimizando tiempos, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia operativa de los equipos.

La propuesta refleja indicadores económicos positivos, estimados en una reducción del riesgo total anualizado al presentar un valor de \$163.559.823.- CLP/año, acompañado de un incremento en la disponibilidad del equipo crítico de 86,39% a 88,61%. Esto demuestra que la implementación de la metodología en el plan de mantenimiento actual no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad económica de la empresa al disminuir la incidencia de fallas costosas.

En conclusión, la optimización propuesta representa un paso estratégico hacia la modernización de las prácticas de mantenimiento, reforzando la posición competitiva de la empresa en el mercado. Es fundamental continuar promoviendo este tipo de iniciativas para garantizar un crecimiento sostenido y un uso eficiente de los recursos.

Finalmente, se recomienda evaluar periódicamente los indicadores claves de desempeño para ajustar y mejorar continuamente el plan de mantenimiento según sea necesario. También realizar una capacitación al personal en la metodología RCM para garantizar su correcta aplicación y desempeño a largo plazo. Y por último desarrollar este análisis para todos los equipos del proceso productivo, en el orden de mayor a menor criticidad, con el objetivo de implementar esta metodología para la planta completa.

**ANEXO A: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**



## **ANEXO B: JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS**

| ITEM | Equipo                                          | FF | IP | FO | CR | SHA | CC | Riesgo | Jerarquización      |
|------|-------------------------------------------------|----|----|----|----|-----|----|--------|---------------------|
| 1    | Cinta transportadora eliminador de hojas        | 1  | 1  | 2  | 1  | 1   | 4  | 4      | Baja criticidad     |
| 2    | Cinta transportadora retorno mandarinas         | 1  | 2  | 1  | 1  | 1   | 4  | 4      | Baja criticidad     |
| 3    | Cinta muestreo de fruta                         | 1  | 1  | 2  | 1  | 1   | 4  | 4      | Baja criticidad     |
| 4    | Cinta transportadora descarte pre-calibre       | 1  | 2  | 2  | 1  | 1   | 6  | 6      | Baja criticidad     |
| 5    | Aplicador de cera                               | 1  | 2  | 2  | 1  | 1   | 6  | 6      | Baja criticidad     |
| 6    | Desapilador de bins                             | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad     |
| 7    | Cinta transportadora principal de mandarinas    | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad     |
| 8    | Dosificador de cloro                            | 1  | 2  | 2  | 1  | 3   | 8  | 8      | Baja criticidad     |
| 9    | Horno pre-secado                                | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad     |
| 10   | Horno secado                                    | 1  | 3  | 2  | 1  | 1   | 8  | 8      | Baja criticidad     |
| 11   | Lavadora de bins                                | 1  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad     |
| 12   | Cinta transportadora bins (Volcador - Lavadora) | 1  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad     |
| 13   | Elevador de polines acero inox entrada          | 1  | 3  | 2  | 2  | 1   | 9  | 9      | Baja criticidad     |
| 14   | Distribuidor de mandarinas                      | 1  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad     |
| 15   | Riel aéreo                                      | 1  | 2  | 3  | 1  | 2   | 9  | 9      | Baja criticidad     |
| 16   | Cepilladora rotativa                            | 1  | 3  | 2  | 2  | 2   | 10 | 10     | Baja criticidad     |
| 17   | Cintas transportadoras a graneleras             | 2  | 1  | 1  | 2  | 2   | 5  | 10     | Baja criticidad     |
| 18   | Graneleras                                      | 2  | 1  | 1  | 2  | 2   | 5  | 10     | Baja criticidad     |
| 19   | Tolva de pre-calibre                            | 2  | 1  | 3  | 2  | 3   | 8  | 16     | Baja criticidad     |
| 20   | Volcador de bins                                | 2  | 3  | 2  | 2  | 1   | 9  | 18     | Baja criticidad     |
| 21   | Elevador de polines acero inox salida           | 2  | 3  | 2  | 2  | 1   | 9  | 18     | Baja criticidad     |
| 22   | Inmersor de paletas                             | 1  | 3  | 2  | 3  | 2   | 11 | 11     | Media criticidad    |
| 23   | Cinta intralox recta                            | 1  | 4  | 3  | 1  | 1   | 14 | 14     | Media criticidad    |
| 24   | Dosificador de pallets                          | 2  | 4  | 2  | 1  | 2   | 11 | 22     | Media criticidad    |
| 25   | Cinta descarte pre-calibre mandarinas           | 3  | 3  | 2  | 1  | 2   | 9  | 27     | Media criticidad    |
| 26   | Transportador de bins                           | 2  | 4  | 3  | 2  | 1   | 15 | 30     | Media criticidad    |
| 27   | Paletizador                                     | 3  | 3  | 2  | 3  | 2   | 11 | 33     | Media criticidad    |
| 28   | Flejadora                                       | 3  | 3  | 2  | 3  | 2   | 11 | 33     | Media criticidad    |
| 29   | Líneas de carrier                               | 4  | 3  | 2  | 2  | 2   | 10 | 40     | Media criticidad    |
| 30   | Cintas intralox salida horno secado             | 3  | 4  | 3  | 1  | 1   | 14 | 42     | Media criticidad    |
| 31   | Cintas transportadoras línea comercial          | 4  | 2  | 3  | 3  | 2   | 11 | 44     | Alta criticidad     |
| 32   | Riel terrestre                                  | 3  | 4  | 3  | 2  | 2   | 16 | 48     | Alta criticidad     |
| 33   | Transferencias graneleras riel terrestre        | 5  | 4  | 3  | 1  | 2   | 15 | 75     | Alta criticidad     |
| 34   | Sprectim                                        | 5  | 4  | 4  | 3  | 1   | 20 | 100    | Muy alta criticidad |
| 35   | Distribuidor de cajas paletizado                | 5  | 4  | 4  | 3  | 2   | 21 | 105    | Muy alta criticidad |

**ANEXO C: HOJA DE DECISIÓN**

| Categorización de tareas de mantenimiento |   |                                                                                   |     |                                                     |       |                                                   |                        |   |                 |    |               |    |                    |     |     |                   |                             |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|------------------------|---|-----------------|----|---------------|----|--------------------|-----|-----|-------------------|-----------------------------|----|----|----|----|----|
| Sistema/Sub-sistema                       |   |                                                                                   |     |                                                     |       | Clasificación según Árbol de decisiones           |                        |   |                 | H1 | H2            | H3 | Tareas a falta de: |     |     | Actividad de mtto |                             |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     |       |                                                   |                        |   |                 | S1 | S2            | S3 |                    |     |     |                   |                             |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     |       | #                                                 | Descripción de Función | # | Falla Funcional | #  | Modo de falla | H  | S                  | E   | O   |                   | O1                          | O2 | O3 | H4 | H5 | S4 |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     |       |                                                   |                        |   |                 |    |               |    |                    |     |     |                   | N1                          | N2 | N3 |    |    |    |
| Sistema de Distribuidor Cajas Paletizado  | 1 | Distribuir cajas a través de cintas transportadoras de manera continua y ordenada | 1.1 | No distribuir cajas hacia los equipos de paletizado | 1.1.1 | Motoreductor sobrecargado                         | S                      | S |                 |    | S             |    |                    | N/A | N/A | N/A               | A condición                 |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 1.1.2 | Eje de transmisión fracturado                     | S                      | N | N               | S  | S             |    |                    | N/A | N/A | N/A               | A condición                 |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 1.1.3 | Cinta transportadora cortada                      | S                      | S |                 |    | S             |    |                    | N/A | N/A | N/A               | A condición                 |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   | 1.2 | Distribuir cajas de forma incorrecta o desordenadas | 1.2.1 | Cinta transportadora con pérdida de tensión       | S                      | N | N               | S  |               | S  |                    | N/A | N/A | N/A               | Reacondicionamiento cíclico |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 1.2.2 | Sensores descalibrados                            | S                      | N | N               | S  |               | S  |                    | N/A | N/A | N/A               | Reacondicionamiento cíclico |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 1.2.3 | Sistema de control dañado                         | N                      |   |                 |    | S             |    |                    | N/A | N/A | N/A               | A condición                 |    |    |    |    |    |
|                                           |   | Guiar cajas mediante bandas transportadoras para evitar atascamientos             | 2.1 | No guiar las cajas hacia equipos de paletizado      | 2.1.1 | Variador de frecuencia sobrecargado               | S                      | S |                 |    | S             |    |                    | N/A | N/A | N/A               | A condición                 |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 2.1.2 | Correa transportadora cortada                     | S                      | S |                 |    | S             |    |                    | N/A | N/A |                   | A condición                 |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 2.1.3 | Transferencia neumática con pérdida de compresión | S                      | N | N               | S  |               |    | S                  | N/A | N/A | N/A               | Sustitución cíclica         |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   | 2.2 | Guiar cajas de forma inadecuada                     | 2.2.1 | Lector código de barras contaminado               | S                      | N | N               | S  |               | S  |                    | N/A | N/A | N/A               | Reacondicionamiento cíclico |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 2.2.2 | Correa transportadora con pérdida de tensión      | S                      | N | N               | S  |               | S  |                    | N/A | N/A | N/A               | Reacondicionamiento cíclico |    |    |    |    |    |
|                                           |   |                                                                                   |     |                                                     | 2.2.3 | Correa transportadora desalineada                 | S                      | N | N               | S  |               | S  |                    | N/A | N/A | N/A               | Reacondicionamiento cíclico |    |    |    |    |    |

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Grupo Jorge Schmidt. (2024). Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/grupo-jorgeschmidt/?originalSubdomain=cl>
- Vende Más De 30.000 Toneladas De Paltas - Jorge Schmidt. (2024). Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=4aHGTpZos8M>
- Pura convicción: Jorge Schmidt y las decisiones que lo convirtieron en un referente absoluto de la industria frutícola. (2022). Obtenido de MUNDOAGRO: <https://mundoagro.cl/pura-conviccion-jorge-schmidt-y-las-decisiones-que-lo-convirtieron-en-un-referente-absoluto-de-la-industria-fruticola/>
- Jorge Schmidt – Exportamos calidad. (2024). Obtenido de Jorge Schmidt: <https://jorgeschmidt.cl>
- Sienz: Precisión con IA en la Clasificación de Frutas Frescas. (2024). Obtenido de Sienz: <https://sienz.com>
- Productos para procesadora de frutos cítricos. (s.f.). Obtenido de Tecnovill: [https://www.tecnovill.com/prod\\_llenado.php](https://www.tecnovill.com/prod_llenado.php)
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. United Kingdom.
- SAE JA 1012. (2002). Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).
- SAE JA 1011. (1999). Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- Parra M, C. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la gestión de activos. Sevilla, España.
- Arancibia M, R. (2024). Tesis Propuesta de optimización a plan de mantenimiento mediante técnicas de RCM a sala de bombeo de GLP. Viña del Mar.
- Herrera B, I. (2023). Tesis Propuesta de plan de mantenimiento a equipo crítico en línea de mezclado en Planta Lubricantes Copec. Viña del Mar.

- Baldi G, C. (2023). Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, Gestión de Activos. Viña del Mar.
- Baldi G, C. (2023). Jerarquiación de equipos y componentes críticos, Gestión de Activos. Viña del Mar.
- Duque R, P. (2024). RCM - FMECA, Ingeniería de Mantenimiento. Viña del Mar.
- Parra M, C. (2024). Curso ING CONF, Ingeniería en Confiabilidad 1. Viña del Mar.
- Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. (2006). Switzerland.
- Real Academia Española: Inicio. (s.f.). Obtenido de <https://www.rae.es>
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). (s.f.). Obtenido de Fractal: <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad>
- JORGE SCHMIDT Y COMPAÑIA LTDA. . (s.f.). Obtenido de Google Maps: [https://www.google.com/maps/place/JORGE+SCHMIDT+Y+COMPAÑIA+LTDA./@-32.8065077,-70.9578134,16z/data=!4m6!3m5!1s0x96883bec480322ab:0xa20d41bc79b48a47!8m2!3d-32.8095057!4d-70.9596913!16s%2Fg%2F11g2yy6z83?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI0MTIxMS4wIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/JORGE+SCHMIDT+Y+COMPAÑIA+LTDA./@-32.8065077,-70.9578134,16z/data=!4m6!3m5!1s0x96883bec480322ab:0xa20d41bc79b48a47!8m2!3d-32.8095057!4d-70.9596913!16s%2Fg%2F11g2yy6z83?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTIxMS4wIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D)