

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE
REFRIGERACIÓN DE ARAMARK EN CODELCO DIVISIÓN ANDINA**

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniería en
Ejec. en Mantenimiento Industrial.

Alumnos:

Franco Esteban Cádiz Collantes

Profesor Guía:

Mg. Ing. Cristian Cuadra Urbina



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

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

Título del trabajo: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE REFRIGERACIÓN DE ARAMARK EN CODELCO DIVISIÓN ANDIN

Nombre del candidato(a): Franco Esteban Cádiz Collantes

Carrera / Grado: Ingeniería en ejecución en mantenimiento industrial

Campus: Viña del Mar Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Cristian Cuadra Urbina, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

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

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

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

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

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

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

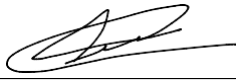
4.- FIRMAS

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

Fecha: 13-05-2026 Firma: 

**CRISTIAN CUADRA URBINA
DOCENTE DEPARTAMENTO
DE MECÁNICA**

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: F 2/05/2026 ¹ Firma: 

RESUMEN

KEYWORDS: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, INDICADORES DE RENDIMIENTO, ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

El presente trabajo de título aborda la problemática de la gestión del mantenimiento del área de refrigeración que tiene la empresa Aramark en Codelco División Andina. La empresa posee diferentes tipos de equipos que incluyen de refrigeración y climatización, tales como las cámaras de frío, abatidores, visicoolers, passthroughs, máquinas de jugos y distintos tipos de aires acondicionados. La gestión de mantenimiento de estos activos carece de un sistema formalizado, operando principalmente bajo un enfoque reactivo, lo cual impide la medición de la eficiencia y la prevención de fallas.

El objetivo del trabajo es diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para estos activos. La metodología se desarrolla en tres capítulos: el primero corresponde al diagnóstico de antecedentes y estado actual del sistema de mantenimiento; el segundo al diseño del plan de mantenimiento preventivo, mediante la creación de una matriz de criticidad, indicadores de rendimiento y formatos de registros; y el tercero evalúa la viabilidad económica del proyecto, a través de cálculos de costos de implementación y la estimación de los ahorros proyectados por la reducción de fallas.

En síntesis, el trabajo entrega el diseño completo de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que permite a Aramark transitar de un esquema reactivo a uno preventivo, basado en datos y evidencias, demostrando su viabilidad económica durante el periodo de vigencia del contrato entre Aramark y Codelco División Andina.

ÍNDICE

RESUMEN

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVO ESPECÍFICO	2
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.	3
1.1. INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO.	5
1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	5
1.2.1. Misión y Visión	6
1.2.2. Aramark y Codelco División Andina	6
1.2.3. Servicios de Aramark	7
1.2.4. Organigrama de departamento de mantención	9
1.3. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	9
1.3.1. Tipos de área de trabajo para los equipos.	10
1.3.2. Descripción de los equipos.	11
1.3.3. Principio del sistema de refrigeración	16
1.4 ANÁLISIS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL	18
1.4.1. Mantenimiento actual	19
1.4.2. Recursos para el mantenimiento	20
1.5 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICA	20
CAPÍTULO 2: DESARROLLO	22
2.1 METODOLOGÍA	24
2.1.1. Tipo de estudio	24
2.1.2. Diseño de la investigación	24
2.1.3. Población y muestra	27
2.1.4. Técnicas de recolección de datos	27
2.1.5. Validez y confiabilidad del instrumento	28
2.2. RESULTADOS	29
2.3. INDICADORES DE DESEMPEÑO	31
2.3.1. MTTR (tiempo medio para reparación)	31
2.3.2. MTTF (tiempo medio hasta la falla)	32
2.3.3. MTBF (tiempo medio entre fallas)	33
2.3.4. Disponibilidad	33
2.3.5. Cumplimiento del plan (C.P.)	33
2.3.6. OEE (Eficiencia general de los equipos)	34

2.4.	DOCUMENTACIÓN HISTÓRICA	34
2.5.	MATRIZ DE CRITICIDAD SEMICUANTITAVA	35
2.5.1.	Procedimiento para desarrollar matriz	36
2.5.1.2.	Definición de los criterios de evaluación	36
2.5.1.3.	Asignación de escala de valor a los criterios	37
2.5.1.4.	Ponderación a cada criterio (W)	37
2.5.1.5.	Cálculo de criticidad	38
2.6	PROPUESTA DE MEJORA DE SISTEMA DE GESTIÓN	38
2.6.1.	Desarrollo de matriz de criticidad	38
2.6.2.	Plan de mantenimiento diferenciado	43
2.6.3.	Diseño de formatos de registros	48
2.6.4.	Como implementar indicadores de desempeño	51
2.7	HOJA DE PROPUESTAS	53
	CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA	54
3.1.	INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO	56
3.2.	METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA	56
3.3.	DESARROLLO DE METODOLOGIA DE EVALUACIÓN	56
3.3.1.	Costos de implementación	57
3.3.2.	Estimación de ahorros operativos	63
3.3.3.	Indicadores de viabilidad financiera	70
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
	BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1.	Logo empresa Aramark	5
Figura 1- 2.	Campamento Saladillo.	6
Figura 1- 3.	Diagrama de caja de servicios entregados por Aramark.	8
Figura 1- 4.	Organigrama departamento de mantención.	9
Figura 1- 5.	Cámara de productos congelados de Aramark.	11
Figura 1- 6.	Abatidores de cocina caliente.	12
Figura 1- 7.	Visicoolers usados en Aramark.	13
Figura 1- 8.	Salad bar usado en Aramark.	13
Figura 1- 9.	Tipos de equipos passthrough usados en Aramark.	14
Figura 1- 10.	Equipos A/C piso cielo usados en Aramark.	15

Figura 1- 11. Equipos A/A tipo ventana usados en Aramark.	15
Figura 1- 12. Aire acondicionado Split muro usados en Aramark.	16
Figura 1- 13. Ciclo de refrigeración ideal con su diagrama P-H.	17
Figura 1- 14. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.	19
Figura 2- 1. Diagrama de Ishikawa del plan de mantenimiento del área de refrigeración y climatización	29
Figura 2- 2. Cálculo de tiempo medio de reparaciones.	32
Figura 2- 3. Cálculo tiempo medio hasta la falla.	32
Figura 2- 4. Cálculo para sacar el MTBF.	33
Figura 2- 5. Cálculo para rendimiento de un equipo.	34
Figura 2- 6. Formato de ficha técnicas para equipos.	44
Figura 2- 7. Checklist de mantenimiento preventivo para equipos críticos.	46
Figura 2- 8. Checklist de mantenimiento preventivo de media criticidad.	47
Figura 2- 9. Checklist de mantenimiento preventivo de baja criticidad.	48
Figura 2- 10. Formato de registros de mantenimientos de equipos.	49
Figura 2- 11. Formato de reporte de historial de fallas.	50
Figura 2- 12. Formato de registros de costos.	51
Figura 2- 13. Carta Gantt con plan de mantenimiento.	50
Figura 3- 1. Ingresos de ingeniero industrial 2025	58
Figura 3- 2. Cotizaciones fungibles noviembre 2025.	66
Figura 3- 3. Valor en stock de productos de cámara de congelados.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1. Esquema de Operacionalización de Variables en el proyecto de investigación	25
Tabla 2- 2. Registro de información del mantenimiento actual comparado al mantenimiento en años previos	30
Tabla 2- 3. Tabla estándar demostrativa de matriz de criticidad.	35
Tabla 2- 4. Tabla de ejemplo de asignación para los criterios.	37
Tabla 2- 5. Tabla de ponderación de importancia de cada criterio.	37
Tabla 2- 6. Tabla de identificación de equipos.	39
Tabla 2- 7. Asignación de puntaje a FF.	39
Tabla 2- 8. Asignación de puntos a criterio SHA.	40
Tabla 2- 9. Asignación de puntos para criterio IO.	40

Tabla 2- 10. Asignación de puntos para criterio FO.	41
Tabla 2- 11. Asignación de punto a criterio CM.	41
Tabla 2- 12. Asignación de puntos de criterio TR.	42
Tabla 2- 13. Desarrollo de matriz de criticidad a base de los criterios.	42
Tabla 2- 14. Clasificación de grado de criticidad.	43
Tabla 3- 1. Desglose de costos de creación de documentación	59
Tabla 3- 2. Costos totales de capacitación del personal	60
Tabla 3- 3. Costos de stock mínimo inicial	61
Tabla 3- 4. Costos asociados a software para implementar Fracttal.	62
Tabla 3- 5. Inversión total de implementación.	63
Tabla 3- 6. Cotizaciones HomCor Calor Frío2024-2025	64
Tabla 3- 7. Cálculo detallado del ahorro.	65
Tabla 3- 8. Análisis de reducción de costos de fungibles.	66
Tabla 3- 9. Costos de horas extras 2024-2025 de un técnico frigorista.	67
Tabla 3- 10. Resumen de costos/ahorros anuales estimado.	69
Tabla 3- 11. Rangos de evaluación del Payback.	71
Tabla 3- 12. Situaciones con variación en el ahorro.	74
Tabla 3- 13. Situaciones con variación en la inversión.	74

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

KPIs: Indicadores clave de desempeño.

MTTR: Tiempo Medio de Reparación (Mean Time To Repair).

MTTF: Tiempo Medio hasta la Falla (Mean Time To Failure).

MTBF: Tiempo Medio entre Fallas (Mean Time Between Failures).

C.P: Cumplimiento del Plan.

OEE: Eficiencia general de los equipos.

FF: Frecuencia de fallas.

IO: Impacto operacional.

FO: Flexibilidad operacional.

CM: Costo de mantenimiento o reparación.

SHA: Impacto de seguridad, higiene y medio ambiente.

TR: Tiempo de reparación.

A/C: Aire acondicionado.

A/A: aire acondicionado.

HVAC: Calefacción, ventilación y aire acondicionado.

CMMS: Sistema de gestión de mantenimiento computarizado.

ROI: Retorno de inversión.

WACC: Costo promedio ponderado de capital.

P-H: Presión-Entalpía.

VAN: Valor actual neto.

TIR: Tasa interna de retorno.

MGM: Modelo genérico de gestión de mantenimiento.

B. SIMBOLOGÍA

°C: Grado Celsius (unidad de temperatura)

%: Porcentaje.

\$: Peso chileno.

h: Hora.

L: Litro.

W: Ponderación en la matriz de criticidad.

C: Criticidad.

Uf: Microfaradio.

In: Pulgada.

\sum : Sumatoria.

+: Suma

-: Resta

X o *: Multiplicación.

k: Tasa de descuento.

INTRODUCCIÓN

Los primeros registros de la refrigeración se remontan a civilizaciones antiguas, donde utilizaban hielo y nieve para prolongar la vida útil de sus alimentos. Este principio basado en la extracción de calor ha evolucionado con el tiempo hasta convertirse en la base de la refrigeración moderna. La cual, hoy en día es indispensable en sectores críticos como las industrias alimentarias, farmacéuticas y mineras.

En este contexto, Aramark, empresa multinacional, especializada en servicios de mantención, instalaciones, aseo, hotelería, pero principalmente de alimentación, depende de sistemas de refrigeración de alta capacidad para cumplir con su compromiso operativo. En Codelco División Andina, específicamente en el campamento Saladillo, Aramark es responsable, aparte de los servicios anteriormente mencionados, de la gestión y el mantenimiento de una variedad de equipos, que incluyen cámaras de frío, abatidores, visicoolers, passthroughs, máquinas de jugo y sistemas de climatización, todo estos son activos esenciales, para poder garantizar la continuidad del servicio de alimentación, que otorga la empresa.

Sin embargo, pese a la criticidad de estos activos, la gestión del mantenimiento de Aramark se sustenta principalmente en un enfoque reactivo y check list básico, careciendo de un sistema basado en indicadores de desempeño (KPIs), para poder medir la eficiencia, prever fallas y optimizar recursos. Esta falta de datos cuantitativos genera riesgos operativos, ya que puede producir paradas no planificadas, altos costos de reparación emergente y potenciales mermas en la calidad del servicio.

Por lo anterior, es que la presente tesis propone diseñar un sistema de gestión de mantenimiento basado en KPIs, para los equipos de refrigeración de Aramark en Codelco Andina, con el objetivo final de pasar de un modelo de mantenimiento correctivo, a uno preventivo, basado en evidencias, asegurando así la confiabilidad operacional y la eficiencia económica del servicio.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, basado en la creación de indicadores de desempeño y formatos de registros para los equipos de refrigeración de Aramark en Codelco División Andina.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar los antecedentes de la empresa y el estado actual del mantenimiento del área de refrigeración, mediante el análisis de información interna de Aramark para identificar las deficiencias del sistema actual.
- Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, desarrollando una matriz de criticidad, definiendo los indicadores de rendimiento y elaborando los formatos de registros para los equipos de refrigeración.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica del plan de mantenimiento preventivo, mediante el cálculo de costos de implementación y la estimación de los ahorros que se producirán por la reducción de fallas y reparaciones.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1. ANTECEDENTES GENERALES.

1.1. INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO.

En el presente capítulo, se diagnostica el estado actual del sistema de mantenimiento del área de refrigeración de Aramark. Para el desarrollo de este diagnóstico se recopila información relevante sobre los equipos de refrigeración y el plan de mantenimiento actual, con el fin de identificar las oportunidades de mejora para el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, que se desarrolla en los capítulos posteriores.

1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Aramark es una empresa multinacional estadounidense que otorga diversos servicios como alimentación, instalaciones y uniformes. La empresa fue fundada en 1936 en Filadelfia, Pensilvania, comenzando como una pequeña empresa de venta de refrigerios con el nombre de Automatic Retailers of America (ARAMARK). Con el tiempo creció hasta convertirse en una de las principales empresas de servicios del mundo, con presencia en más de 20 países.



Fuente: www.aramark.cl

Figura 1- 1. Logo empresa Aramark

1.2.1. Misión y Visión

La misión se centra en su compromiso por proporcionar servicios excepcionales que mejoren la calidad de vida de las personas y contribuyan al éxito de sus clientes, a través de innovadoras soluciones en las áreas de alimentación, instalaciones y uniformes, siempre basada en la satisfacción del cliente y en el compromiso de otorgar un excelente servicio.

La visión es ser reconocida como la empresa líder en servicios a nivel mundial, distinguida por su capacidad para ofrecer soluciones integrales y personalizadas que satisfagan las necesidades y expectativas de sus clientes, en todas las industrias y sectores en los que opera.

1.2.2. Aramark y Codelco División Andina

Actualmente, Aramark entrega servicios en diferentes empresas en Chile. Este trabajo de título está basado en el marco de los servicios que entrega en la minera Codelco Andina. Codelco Andina es una división de Codelco que opera en la ciudad de Los Andes, en la región de Valparaíso, siendo una de las minas de cobre más importantes del país.

Entre Aramark y Codelco Andina existe una asociación que implica que Aramark le entrega los servicios de alimentación, gestión de instalaciones y otros servicios de apoyo a la operación minera, como gestión de comedores para los trabajadores, servicios de limpieza, mantenimiento de instalaciones, servicios de lavandería entre otros. La sede de la empresa se encuentra en el campamento Saladillo, específicamente en la cordillera de Los Andes, a 34 kilómetros de la comuna de Los Andes.



Fuente: (CODELCO,2026)

Figura 1- 2. Campamento Saladillo.

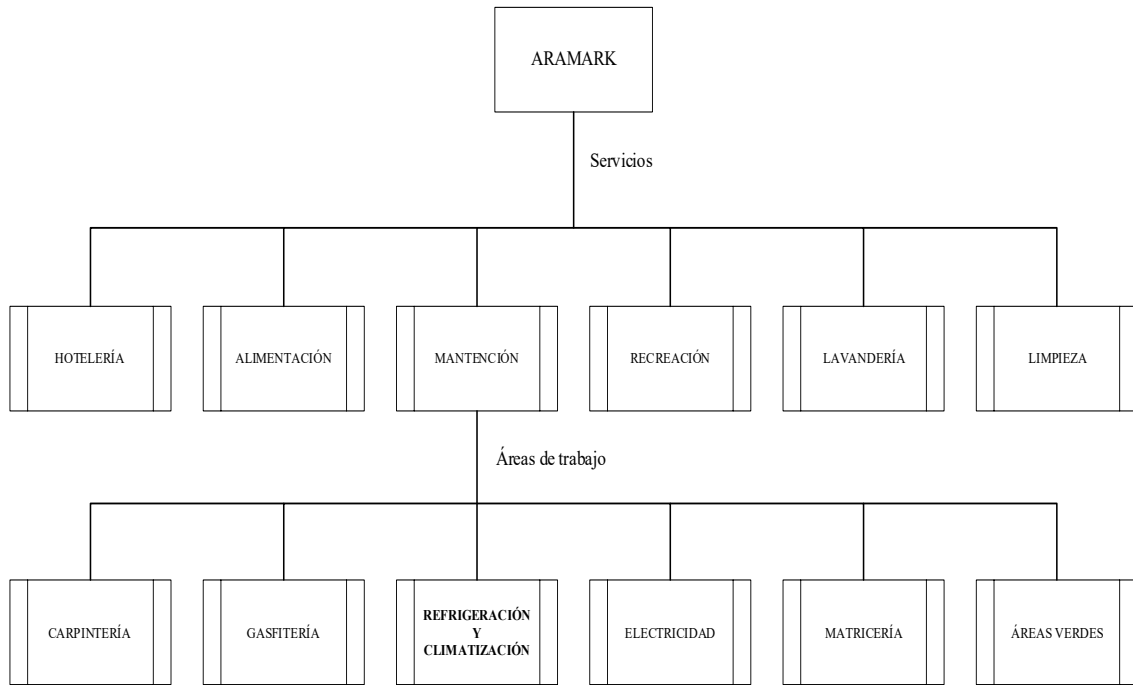
1.2.3. Servicios de Aramark

Como se ha mencionado anteriormente, Aramark entrega una serie de servicios a Codelco Andina, los cuales son los siguientes:

- Alimentación.
- Limpieza.
- Hotelería.
- Lavandería.
- Recreación.
- Mantenición.

Este trabajo se enfoca en el departamento de mantención, específicamente en el área de refrigeración. El departamento está encargado de mantener las instalaciones del campamento en buen estado para garantizar funcionalidad, seguridad y comodidad para los trabajadores. Para ello se basa en cinco grandes puntos que son:

- Inspección de instalaciones. Se realizan inspecciones a todas las instalaciones del campamento para identificar daños o necesidad de reparación, con el fin de tomar medidas correctivas oportunas.
- Reparación de infraestructura. Se repara cualquier daño en la infraestructura del campamento, asegurándose de que esté segura y en buenas condiciones.
- Mantenimiento de senderos. Esto abarca el mantenimiento de las áreas verdes del campamento, limpieza de vegetación, e instalación de señaléticas para guiar a los trabajadores.
- Mantenimiento de equipos. Se verifica el estado de los equipos que se utilizan en el campamento, realizando mantención preventiva, correctiva o reemplazándolos según el daño o el desgaste que presenten.
- Suministro de agua. Se asegura que el suministro de agua abarque todas las dependencias del campamento, a través de la inspección y mantención de tuberías y grifos.



Fuente: Elaboración propia a base obtenida de la empresa.

Figura 1- 3. Diagrama de caja de servicios entregados por Aramark.

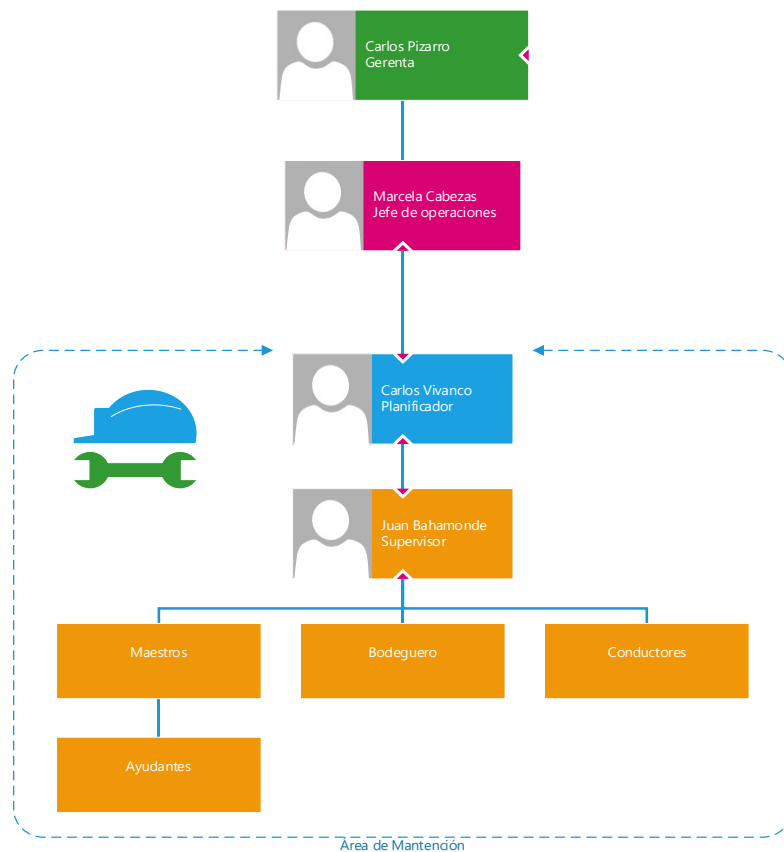
Para la ejecución de estos puntos, el departamento de mantención cuenta con los siguientes cargos:

- Gerente.
- Planificador.
- Supervisor.
- Conductor.
- Eléctrico.
- Gasfiter.
- Matricero.
- Carpintero.
- Áreas verdes.
- Ayudantes.
- Soldador.
- Frigorista.

Estos últimos, los frigoristas, están encargados de todo lo que tenga que ver con refrigeración y climatización.

1.2.4. Organigrama de departamento de mantención

El organigrama representa el orden jerárquico de los cargos que existen en la empresa, encabezado por la gerenta, luego el jefe de operaciones, seguido por la distribución de jefatura de cada departamento. Cada área de trabajo tiene su jefatura (mantención, casino, facility, recursos humanos, transporte, compras, recreación). A continuación, se muestra el organigrama del departamento de mantención.



Fuente: Elaboración propia en base a información de la empresa.

Figura 1- 4. Organigrama departamento de mantención.

1.3. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS

El área de refrigeración y climatización del campamento Saladillo es esencial tanto para la conservación de los alimentos como para el confort de los residentes. Por ello que la empresa cuenta con una variedad de equipos que hacen posible los procesos mencionados. Es de vital importancia conocer qué es cada uno de estos equipos, cómo

funcionan y su criticidad, la cual permite generar un plan de mantenimiento adecuado con el fin de asegurar sus operaciones de manera confiable.

1.3.1. Tipos de área de trabajo para los equipos.

La empresa consta con equipos especializados diseñados para cumplir funciones específicas en las diferentes áreas de trabajo. Las áreas de trabajo son las siguientes:

- Conservación de los alimentos.
- Operaciones de cocina y sus áreas de servicio.
- Comedores, oficinas, piezas y otros.

1.3.1.1. Conservación de los alimentos

En el área de conservación de los alimentos se encuentran las cámaras de frío, las cuales son un total de 14 cámaras. Estas se dividen de la siguiente manera:

- 2 reefers de congelados.
- 2 cámaras de congelados.
- 1 reefer de mantenidos.
- 8 cámaras de mantenidos.

1.3.1.2. Operaciones de cocina y sus áreas de servicio.

En esta área se identifican los siguientes equipos:

- 4 abatidores.
- 3 máquinas de jugo.
- 6 visicoolers.
- 6 salad bar.
- 5 passthroughs.

1.3.1.3. Comedores, oficinas, piezas y otros

En esta área, aparte de los equipos usados en los comedores para el confort del cliente, también se encuentran los equipos usados en las oficinas y en las piezas. Los equipos identificados en esta área son los siguientes:

- 5 aires acondicionados piso-cielo.
- 750 aires acondicionados tipo ventana.
- 90 aires acondicionados split muro.

1.3.2. Descripción de los equipos.

A continuación, se describe qué son y cómo funcionan cada equipo mencionado anteriormente.

1.3.2.1. Reefer congelado.

Es un container refrigerado que se usa principalmente para el transporte de alimentos vía marítima o terrestre. Aramark lo usa como almacenamiento de sus productos y la función es la conservación de productos congelados a bajas temperaturas, entre -18°C y -25°C .



Fuente: Elaboración propia, foto sacada en terreno

Figura 1- 5. Cámara de productos congelados de Aramark.

1.3.2.2. Cámaras de congelados

Es un espacio cerrado con el fin de almacenar productos a bajas temperaturas mediante un sistema de refrigeración. La temperatura de trabajo es entre -18°C y -25°C .

1.3.2.3. Reefer mantenido

Container usado para el almacenamiento de productos a mediana temperatura a través de un sistema de refrigeración que funciona entre 0°C y 5°C.

1.3.2.4. Cámara mantenido

Es un espacio cerrado y aislado con el fin de almacenar productos a mediana temperatura mediante un sistema de refrigeración. La temperatura de trabajo es entre 0 y -5°C.

1.3.2.5. Abatidor

Este es un equipo usado principalmente en la cocina profesional para enfriar rápidamente los alimentos recién cocinados a temperaturas seguras de almacenamiento. Este proceso se conoce como abatimiento de temperatura.



Fuente: Elaboración propia, foto sacada en terreno.

Figura 1- 6. Abatidores de cocina caliente.

1.3.2.6. Máquina de jugo

Es un equipo dispensador de jugo el cual almacena y enfría el producto para mantenerlo fresco y a temperaturas óptimas para el consumo del cliente (entre 0°C y 5°C).

1.3.2.7. Visicooler

El visicooler es un refrigerador que puede tener vitrina para que se vea el alimento, y está diseñado principalmente para exhibir y enfriar productos alimenticios a temperaturas entre 0°C y 5°C.



Fuente: Elaboración propia, foto tomada en terreno.

Figura 1- 7. Visicoolers usados en Aramark.

1.3.2.8. Salad bar

Son equipos diseñados para proporcionar una presentación atractiva de una variedad de ingredientes frescos y para mantener los alimentos a la temperatura adecuada, entre 0°C y 5°C, mientras se sirven a los clientes. En Aramark, estos equipos son utilizados para presentar las ensaladas y mantenerlas a temperatura adecuada para su consumo.



Fuente: Elaboración propia, foto tomada en terreno.

Figura 1- 8. Salad bar usado en Aramark.

1.3.2.9. Passthrough

Este es un equipo refrigerante con la función de mantener los alimentos entre 0 y 5°C. Su característica es que su diseño permite que los usuarios carguen los alimentos por un lado y el cliente los retire por el otro lado. En Aramark, se usan en las líneas de servicio y se cargan principalmente con los postres, los cuales son retirados por el cliente.



Fuente: Elaboración propia en base a fotos tomadas en terreno.

Figura 1- 9. Tipos de equipos passthrough usados en Aramark.

1.3.2.10. Aire acondicionado piso cielo

Son equipos de dos unidades, al igual que el split muro: evaporador, condensador cumpliendo con la misma función de climatizar el área o, en este caso, el casino. Su particularidad es que son equipos de mayor potencia y pueden ser colocados, como su nombre lo indica, en el piso o en el cielo. En el casino de Aramark están ubicados en el cielo, como lo muestra la figura 1-10.



Fuente: Elaboración propia en base de foto tomada en terreno.

Figura 1- 10. Equipos A/C piso cielo usados en Aramark.

1.3.2.11. Aire acondicionado tipo ventana

Son equipos compactos que combinan todas sus partes principales en una sola carcasa: el evaporador, el condensador y el ventilador. Estos son relativamente fáciles de instalar porque, como su nombre lo indica, son instalados en una ventana, aunque también se pueden montar en una pared diseñada específicamente para esto. En Aramark, este tipo de equipo se ocupa principalmente en las habitaciones de los trabajadores y en algunas oficinas.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografías tomada en terreno.

Figura 1- 11. Equipos A/A tipo ventana usados en Aramark.

1.3.2.12. Aire acondicionado tipo Split muro

Son equipos con sistemas de climatización que consta de dos unidades: el evaporador, que es la unidad instalada en el interior, y el condensador, que es la unidad que está instalada en el exterior. En este caso, los utilizan en cocina fría, panadería, sala de ollas, sala de sándwiches y desconche. En cocina fría y sala de sándwiches son de vital importancia para mantener los alimentos frescos, mientras que en las otras salas es para mantener un ambiente de trabajo cómodo.



Fuente: Elaboración propia en base a fotografía tomada en terreno.

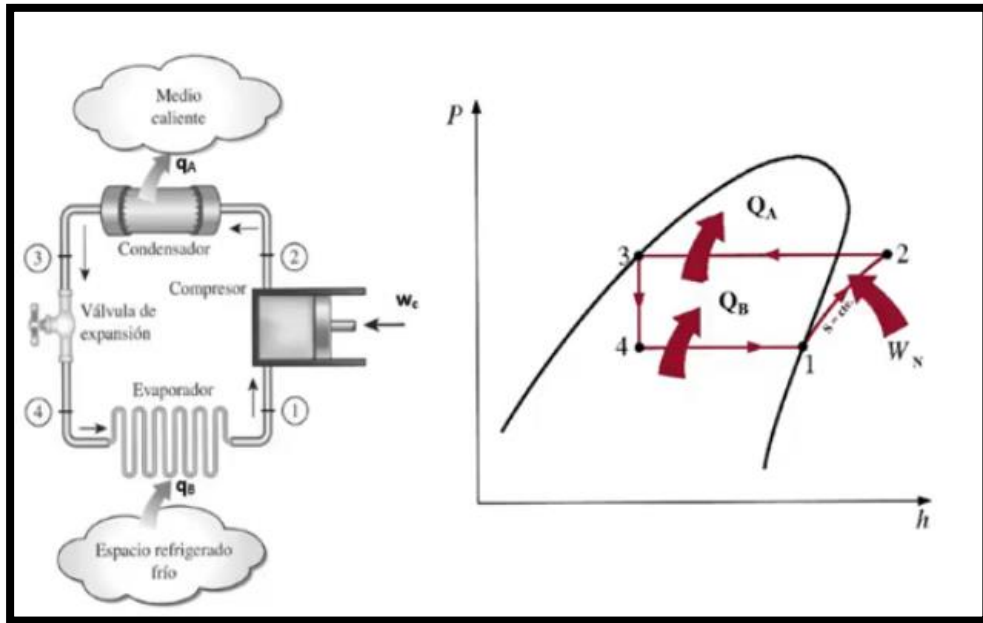
Figura 1- 12. Aire acondicionado Split muro usados en Aramark.

1.3.3. Principio del sistema de refrigeración

Los equipos anteriormente mencionados operan a través de un mismo principio de funcionamiento, en el cual pueden variar algunos parámetros y componentes según el tipo de equipo, pero el principio del funcionamiento es el mismo.

El sistema frigorífico se basa en un ciclo de refrigeración, el cual es un proceso termodinámico donde se utiliza un refrigerante para absorber, transportar y liberar calor. El ciclo se compone de cuatro grandes etapas: compresión, condensación, expansión y evaporación.

- Compresión: El refrigerante en estado gaseoso se comprime, aumentando su temperatura y presión.
- Condensación: El refrigerante comprimido se enfría y se condensa a estado líquido liberando calor.
- Expansión: A través de una válvula de expansión, el refrigerante líquido se expande, disminuyendo su presión y temperatura.
- Evaporación: En esta etapa el refrigerante se evapora, absorbiendo el calor del entorno y de los productos que se desean enfriar.



Fuente: Diagrama y funcionamiento de sistemas básicos de refrigeración, Frigolan.

Figura 1- 13. Ciclo de refrigeración ideal con su diagrama P-H.

Para un ciclo frigorífico, el diagrama que se utiliza es el de presión-entalpía (**figura 1-13**), en donde el eje vertical es la presión y en el eje horizontal está la entalpía. El comportamiento del refrigerante en relación con la presión y la entalpía genera la curva que se puede ver en forma de campana. Cabe señalar que cada refrigerante tendrá una curva diferente, en este caso es un ciclo ideal, por lo tanto, no tendrá variación. La línea ascendente de la campana será llamada curva de saturación de líquido y todo lo que esté al lado izquierdo de ella estará en estado líquido; la línea descendente de la campana es llamada curva de saturación de vapor y todo lo que esté a su derecha estará en estado de vapor. Por lo tanto, todo lo que esté dentro de la campana será una mezcla de líquido y vapor en diferentes porcentajes.

Al sobreponer un ciclo ideal de refrigeración en el diagrama de P-H, da como resultado que en el punto 1 el compresor comprime el vapor elevándolo de presión, llevándolo al punto 2, que es donde sale el vapor comprimido del compresor. Por lo tanto, el trabajo del compresor es la diferencia de entalpía que se genera entre los puntos 1 y 2.

Desde el punto 2 al punto 3 está la línea de condensación, en la cual el vapor entra al condensador y es transformado a estado líquido mediante presión y temperatura constantes, solamente va variando la entalpía. Esto provoca que en el punto 3 salga 100% líquido.

En el punto 3 se encuentra la válvula de expansión, que baja bruscamente la presión del refrigerante, entrando a la zona de líquido-vapor, en donde la temperatura es

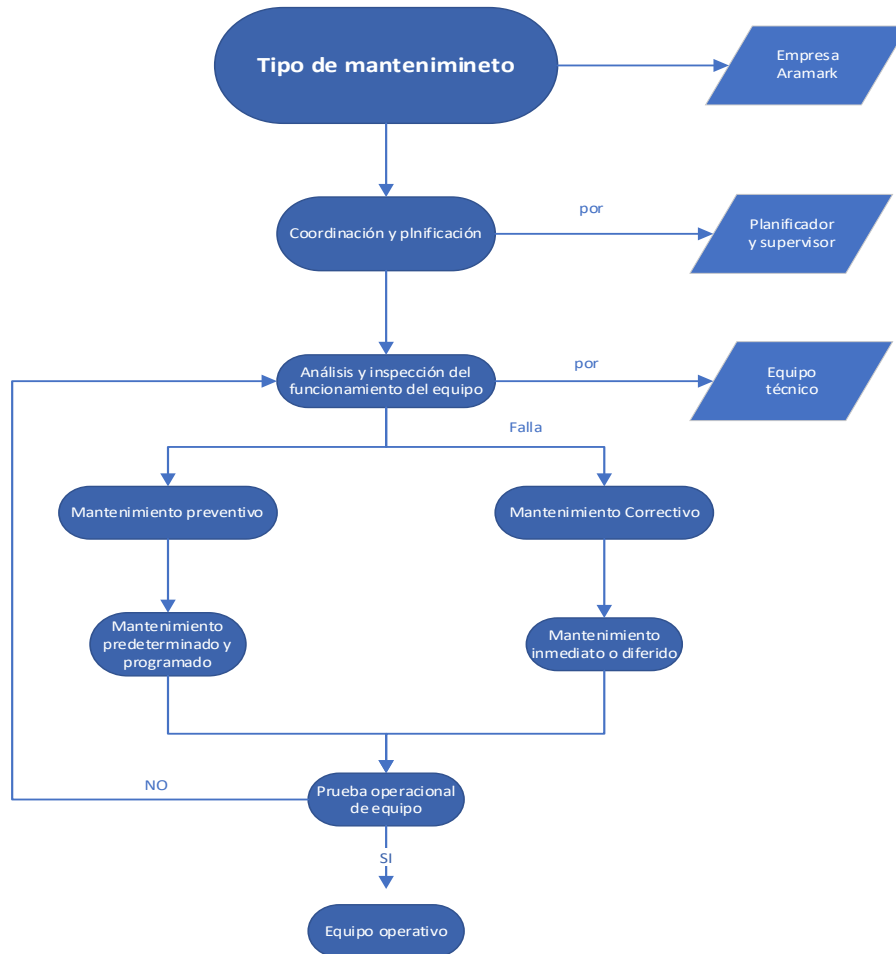
mucho más baja y se encuentra el evaporador. A medida que la entalpía va creciendo a una temperatura y presión constantes, el refrigerante va aumentando su porcentaje de vapor hasta llegar al 100%, punto 1, donde empieza el ciclo de nuevo.

1.4 ANÁLISIS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El proceso de mantención de Aramark en el área de refrigeración se basa en herramientas y procesos limitados, lo cual genera una gestión principalmente reactiva, con baja planificación y sin control de las actividades realizadas.

El diagrama en Figura 1-14 representa el flujo general del proceso de mantenimiento utilizado en Aramark para la gestión de los equipos del área de refrigeración y climatización. En el esquema se permite visualizar cómo se llevan a cabo las actividades de planificación, inspección, diagnóstico y ejecución de las tareas de mantenimiento, tanto preventivas como correctivas.

Toda tarea de mantenimiento pasa primero por la coordinación y planificación, la cual analiza e inspecciona el funcionamiento del equipo. Es allí donde precisamente es donde se decide si se envía un equipo técnico de 2 personas para inspeccionarlo y determinar si requiere cambiar alguna pieza en caso de mantenimiento preventivo (obsolescencia marcada pero aún funcionando), repararlo completamente (en caso de estar dañado) o sustituirlo en caso de que no admita reparación.



Fuente: Elaboración propia a base de datos obtenidos de la empresa Aramark.

Figura 1- 14. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.

1.4.1. Mantenimiento actual

El plan de mantenimiento actual de Aramark, para los equipos identificados anteriormente, se reduce principalmente a un calendario mensual en Excel para programar las intervenciones de los equipos, y a un checklist básico por equipo. Sin embargo, el Excel solo indica el mes en que se debe realizar la mantención de los equipos, no tiene fecha específica ni tampoco hay una carta Gantt que estructure y priorice las actividades. El resultado de esto es la ineficiencia de las mantenciones, que la ejecución de las mantenciones sea dispersa y el incumplimiento del programa mensual. En resumen, no hay una secuencia lógica para la realización de las mantenciones preventivas.

Esto, a la vez, genera que la ejecución del mantenimiento sea mayoritariamente correctiva, donde dos técnicos por turno (7x7) atienden las fallas que se van reportando verbalmente, sin un canal formal. Por lo tanto, no se registran las intervenciones realizadas, impidiendo un análisis de fallas para la mejora continua del mantenimiento.

1.4.2. Recursos para el mantenimiento

Los recursos que tiene el área de mantención de refrigeración son limitados. En primer lugar, solo son dos técnicos por turno, con rotación semanal, a cargo de las tareas de mantención, lo cual dificulta la continuidad de los trabajos.

En segundo lugar, el stock de repuestos para los equipos no existe, lo que conlleva realizar compras reactivas que son lentas y alargan los tiempos de reparación.

En general, los recursos básicos que tiene la empresa para la mantención son herramientas manuales e insumos.

1.5 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICA

A partir del análisis al plan de mantenimiento actual, se identificó que las principales problemáticas se encuentran en la categoría método, del diagrama de Ishikawa. Esta categoría agrupa elementos relacionados a la gestión, control y procesos de mantenimiento, los cuales presentan debilidades críticas que afectan directamente a la capacidad operativa de los equipos. Los factores más relevantes son:

- Ausencia de indicadores de gestión.
- No existe un análisis de criticidad para los equipos.
- Mala estructura en la planificación del mantenimiento.
- Se trabaja más de forma reactiva que preventiva.
- No existe documentación ni registros.
- No hay stock de repuestos básicos.
- Mala gestión de compras.
- Personal insuficiente para la cantidad de equipos.

En resumen, la gestión del mantenimiento actual en el área de refrigeración de Aramark puede provocar impactos críticos en la operación, como paradas operativas frecuentes, altos tiempos de inactividad de equipos, costos elevados por reparaciones emergentes y sobrecarga de trabajo del equipo técnico. Por lo tanto, la problemática es la falta de un método estructurado y estandarizado de gestión de mantenimiento, por ello se propone el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la creación de indicadores de desempeño, matriz de criticidad y formatos de registros. Esto permitirá priorizar intervenciones en los equipos más esenciales, realizar una planificación correcta de trabajo, optimizar recursos y reducir costos. De esta forma se genera finalmente un plan

de mantenimiento preventivo y documentado según las necesidades operativas de la empresa Aramark.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO

2. DESARROLLO

2.1 METODOLOGÍA

Este trabajo corresponde a una investigación aplicada de carácter descriptivo y propositivo. Tiene un enfoque mixto, ya que combina aspectos cualitativos, como la observación directa en terreno y las entrevistas al personal técnico del área de refrigeración, con elementos cuantitativos, como el análisis de costos reales y el cálculo de indicadores financieros.

La información obtenida proviene de dos fuentes: las primarias y las secundarias. Las primarias se obtienen directamente en terreno, como la observación del estado actual de mantenimiento, entrevistas al supervisor y técnicos del área, cotizaciones reales de proveedores y liquidaciones de sueldo del personal. Las fuentes secundarias corresponden a bibliografía especializada en gestión de mantenimiento industrial, utilizadas para fundamentar la metodología aplicada. En tal sentido, es posible complementar los resultados que emanan de las distintas técnicas para dar respuesta a los objetivos específicos.

El desarrollo del trabajo se organiza en tres etapas principales: primero el diagnóstico del estado actual del área de refrigeración; segundo el diseño del sistema de gestión y el tercero la evaluación de la viabilidad económica.

2.1.1. Tipo de estudio

La presente investigación se enmarca en un diseño descriptivo, orientada a observar, recopilar, analizar, comparar e interpretar las acciones que realiza el personal de la empresa y más específicamente cómo dicho accionar afecta el gasto económico del mantenimiento de los equipos de refrigeración. Adicionalmente, es no experimental, dado que no se modifica el sistema que se estudia, sino que se diagnostica y se comprende, permitiendo obtener una base detallada para obtener las respuestas a los objetivos que establece la investigación.

2.1.2. Diseño de la investigación

En esta sección se contempla la operacionalización de variables partiendo de los objetivos específicos, pasando por las categorías, subcategorías y los indicadores que se

consideran relevantes para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados. La Tabla 2-1 contiene la indicación de estos ítems comenzando desde el planteamiento de los objetivos específicos, lo cual deja claro qué se operacionaliza sobre cada uno de ellos para obtener la información posterior que se indica en la tabla.

Tabla 2- 1. Esquema de Operacionalización de Variables en el proyecto de investigación

OBJETIVOS	Diagnosticar los antecedentes de la empresa y el estado actual del mantenimiento del área de refrigeración, mediante el análisis de información interna de Aramark, para identificar las deficiencias del sistema actual.	Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, desarrollando una matriz de criticidad, definiendo los indicadores de rendimiento y elaborando los formatos de registros, para los equipos de refrigeración.	Evaluar la viabilidad técnica y económica del plan de mantenimiento preventivo, mediante el cálculo de costos de implementación y la estimación de los ahorros, que se producirán por la reducción de fallas y reparaciones.
CATEGORIAS / SUBCATEGORIAS	Comparar el estado actual de la empresa con los antecedentes de la misma, en cuanto al área de refrigeración / Diagnóstico de la empresa	Proponer un sistema de gestión de mantenimiento y una matriz de criticidad basada en indicadores / Sistema de gestión de mantenimiento	Estudiar la viabilidad técnica y económica del plan de mantenimiento propuesto / Viabilidad técnica y económica
FASES	Se realiza el diagnóstico del área de refrigeración actual para comparar con cómo se realizaba anteriormente	Se propone un sistema de mantenimiento preventivo basado en las buenas prácticas y en una matriz de criticidad con indicadores	Se sustenta la viabilidad técnica y económica del mantenimiento propuesto con la realización de cálculos de variables.
UNIDADES DE ANALISIS	Área de refrigeración de ARAMARK	Área de refrigeración de ARAMARK	Área de refrigeración de ARAMARK
TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS	<ul style="list-style-type: none"> Matriz de Ishikawa Observación 	<ul style="list-style-type: none"> Chequeo de variables técnicas Planteamiento de propuestas 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de cotizaciones de proveedores, revisión de liquidaciones de sueldo.

			<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de presupuesto de fungibles • Cálculo de indicadores financieros
INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Planteamiento del diagrama • Hoja de registro 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de chequeo • Registro de propuestas y consideraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de confirmación de variables • Hoja de cálculo de variables
INDICADORES	Estado actual Vs el estado de previo del área de refrigeración de Aramark	Sistema de gestión de mantenimiento preventivo	Viabilidad técnica y económica del sistema de mantenimiento
VALIDACIÓN	Triangulación de Datos		

Fuente: Elaboración propia

Tal como se señala en la Tabla 2-1, de cada objetivo se desprenden las categorías de análisis que son: comparar el estado actual de la empresa con los antecedentes de la misma en cuanto al área de refrigeración. Proponer un sistema de gestión de mantenimiento y una matriz de criticidad basada en indicadores; y estudiar la viabilidad técnica y económica del plan de mantenimiento propuesto. Las subcategorías que corresponden a diagnóstico de la empresa, sistema de gestión de mantenimiento y viabilidad técnica y económica.

De igual forma, existen 3 fases diferenciadas en la Tabla que se ejecutan de forma concatenada hasta lograr todos los objetivos del trabajo de investigación, y se señalan las unidades de análisis que no es más que el objeto al que se aplica la técnica de colección de datos para dar respuesta a dicho objetivo específico, que es Área de refrigeración de Aramark en los 3 objetivos específicos.

Se establecen las técnicas e instrumentos de recolección de datos tal como se definieron en el diseño de la investigación anterior, y finalmente se señalan los indicadores que tienen que medirse para lograr los objetivos, que son los siguientes, para el objetivo 1, estado actual versus el estado de previo del área de refrigeración de Aramark; para el objetivo 2, Sistema de gestión de mantenimiento preventivo; para el objetivo 3, Viabilidad técnica y económica del sistema de mantenimiento.

2.1.3. Población y muestra

La población en el presente estudio corresponde a la empresa Aramark. La muestra corresponde a toda el área de refrigeración, la cual está sometida a un gasto económico por la ausencia de mantenimiento preventivo.

En este estudio se aplica un muestreo no probabilístico por conveniencia, basado en la selección de áreas que son más representativas del comportamiento de la empresa en cuanto a las políticas de mantenimiento en equipos de refrigeración y climatización. Complementariamente se accede a los informes técnicos y reportes de la literatura especializada que brindan información sobre sistema de mantenimiento analizado (Hernández Sampieri, 2018).

2.1.4. Técnicas de recolección de datos

La presente investigación se desarrolla de una forma sistemática a través de la aplicación de instrumentos de recolección de datos que genera la información relevante para dar respuesta a los objetivos específicos establecidos. A continuación, se describen las técnicas e instrumentos utilizados.

Técnica 1. Matriz de Ishikawa: se refiere a la aplicación del formato de Ishikawa con estructura de espina de pescado con la finalidad de identificar el estado actual del área de refrigeración de Aramark.

Instrumento 1. Planteamiento del diagrama: corresponde a la conjunción de las causas y sub-causas de posibles fallas en el área de refrigeración, para poder obtener el diagnóstico final (realizado en el capítulo anterior).

Técnica 2. Observación, se refiere a la aplicación de la descripción del sistema que se estudia tomando registro del estado del área de refrigeración.

Instrumento 2. Hoja de registro, contiene la información que se consideró relevante.

Técnica 3. Chequeo de variables técnicas, se refiere a la indicación de las variables que condicionan el funcionamiento de los equipos de refrigeración y el posible mantenimiento si existiere.

Instrumento 3. Registro de chequeo, comprende el planteamiento de las variables y la forma en la que participaban para mantener el área de refrigeración en estado óptimo.

Técnica 4. Planteamiento de propuestas, se refiere a las propuestas de mejora que se originan de analizar el área de refrigeración desde la perspectiva técnica.

Instrumento 4. Registro de propuestas y consideraciones, corresponde al registro de propuestas y como deberían desplegarse si corresponden a una solución llevadera.

Técnica 5. Verificación de variables técnicas de costos, se refiere a la verificación de si la variable realmente constituye un problema o una solución en el área de refrigeración que se analiza.

Instrumento 5. Hoja de confirmación de costos, contiene la información de la definición de la variable, aplicación en el área, y posibles resultados de optimización.

Técnica 6. Estimación de variables factibilidad financiera, se refiere a la estimación de variables económicos de reposición de equipos dañados, reparación preventiva y correctiva, y de subsanamiento de costos de funcionamiento de equipos de refrigeración, y potenciales ganancias frente a gastos.

Instrumento 6. Hoja de cálculo de variables financieras, comprende la realización de los cálculos de las variables que representan evaluación financiera en los costos envueltos.

2.1.5 Validez y confiabilidad del instrumento

En el caso de esta investigación, la validez de los resultados se comprueba aplicando la triangulación de datos y metodológica tal como se explica a continuación.

La triangulación de datos se refiere en específico a un modo de validación de información usando múltiples fuentes, métodos o perspectivas de la cual se entiende que si la información es veraz entonces los datos deben coincidir independientemente de su fuente, y de acuerdo al canon de interpretación que se establezca. En tal sentido, es razonable que se establezcan distintos instrumentos de colección de datos (indicados en la Tabla 2-1) y la información que emane de ellos considerará las distintas perspectivas del mismo sistema que en esta tesis estudia, que tienen que ver con el establecimiento de un sistema de mantenimiento preventivo que sea factible técnica y económicamente. La triangulación aquí, implica cruzar distintos tipos de datos sean estos cualitativos o cuantitativos de forma que se verifiquen patrones o tendencias, y ello dirija a la obtención de conclusiones sólidas y valederas.

- Tipos de triangulación

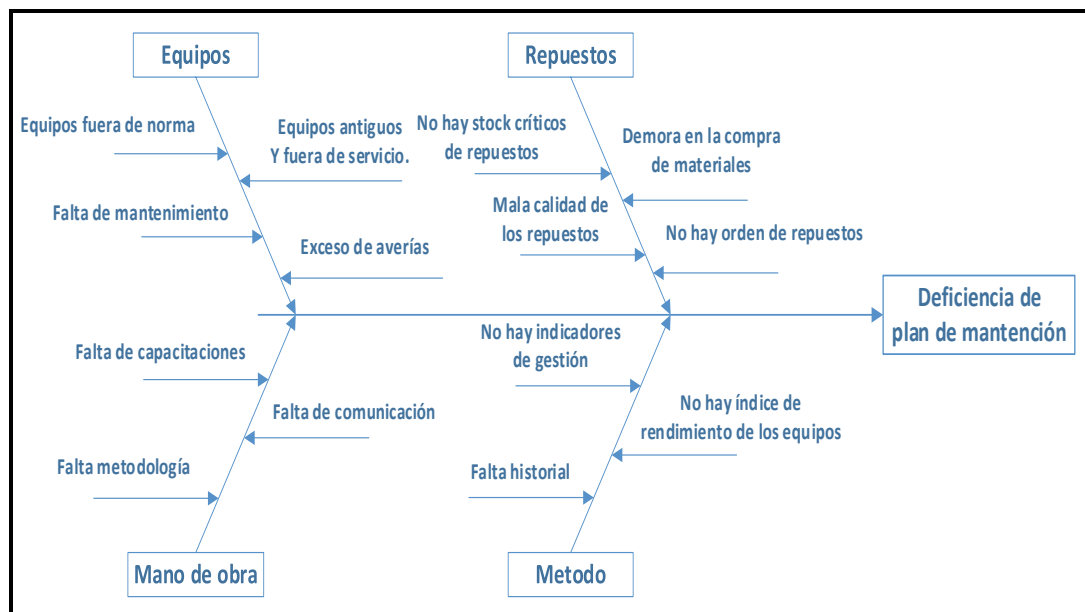
De datos: implica el uso de distintas fuentes tales como documentos, artículos en revistas internacionales, informes técnicos, revisión de páginas web especializadas

Metodológica: sugiere la aplicación de distintos instrumentos de colección de datos de tipo cualitativo o cuantitativo, de los cuales emanarán datos que se entrecruzarán para su comprensión.

2.2. RESULTADOS

A continuación, se plantean los resultados más relevantes de la investigación, los cuales se subdividirán en función del objetivo específico.

Para el logro del objetivo 1 se aplicó la técnica de colección de datos del diagrama de Ishikawa que se ubica abajo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2- 1. Diagrama de Ishikawa del plan de mantenimiento del área de refrigeración y climatización

El diagrama evidencia la deficiencia del plan de mantenimiento en cuatro categorías: equipos, mano de obra, repuestos y método.

- Equipos: Aquí se hace referencia al estado físico y operativo de los equipos. Además, se detecta falta de mantenimiento, lo cual deriva a un exceso de fallas incrementando la carga de los trabajos correctivos.
- Mano de obra: En este punto se identifican temas asociados a la formación y al manejo de procedimiento, como la falta de capacitación, deficiencia en la comunicación interna del equipo técnico, carencia de métodos estandarizados de trabajos.
- Repuestos: En este punto se muestran problemas relevantes en la gestión de materiales como la falta de stock crítico, demora en la compra de los repuestos. A esto se suma la mala calidad de los materiales que se reciben.

Todo esto generan retrasos en las intervenciones y prolongan la inactividad de los equipos.

- Método: En esta categoría se identifica la deficiencia asociada a la gestión y al seguimiento de actividades de mantenimiento. Se observa falta de indicadores de gestión, inexistencia de índice de rendimiento de los equipos y ausencia de documentación histórica. Esto dificulta la toma de decisiones basadas en datos y limitan la capacidad de evaluar el desempeño del plan de mantenimiento actual.

Y también se aplicó la técnica de colección de datos de la observación, la cual colectó data que se ubica en la Tabla 2-2.

Tabla 2- 2. Registro de información del mantenimiento actual comparado al mantenimiento en años previos

Notas del plan de mantenimiento actual
<p>El plan de mantenimiento actual de Aramark, para los equipos identificados anteriormente, se reduce a dos cosas básicas: primero, a un calendario mensual en Excel para programar las intervenciones de los equipos, y a un checklist de cada uno de estos. Sin embargo, el Excel solo indica el mes en que se debe realizar la mantención de los equipos, no tiene fecha específica ni tampoco hay una carta Gantt que estructure y priorice las actividades. El resultado de esto es, la ineficiencia de las mantenciones, que la ejecución de las mantenciones sea dispersa y el incumplimiento del programa mensual. En resumen, no hay una secuencia lógica o crítica para la realización de las mantenciones preventivas.</p> <p>Esto, a la vez, genera que la ejecución del mantenimiento sea mayoritariamente correctiva, donde dos técnicos por turno (7x7) atienden las fallas que se van reportando verbalmente, sin un canal formal. Por lo tanto, no se registran las intervenciones realizadas, impidiendo un análisis de fallas para la mejora continua del mantenimiento.</p> <p>Los recursos que tiene el área de mantención de refrigeración son limitados. Partiendo primero por el hecho de que solo son dos técnicos por turno, con rotación semanal, a cargo de las tareas de mantención, lo cual dificulta la continuidad de los trabajos.</p>
Notas del plan de mantenimiento previo
<p>En el pasado el stock de repuestos para los equipos no existía, lo que conllevaba realizar compras reactivas que son lentas y alargan los tiempos de reparación. Adicionalmente se desconocía la aplicación de protocolos o la utilización de formatos para el reporte de acontecimientos de accidentes laborales, de accidente de equipos, de daño causado, inducido o natural de la instalación, entre otras cosas.</p> <p>En general, los recursos básicos que poseía la empresa eran para la mantención con herramientas manuales e insumos que no cubrían las necesidades ante eventualidades y en ocasiones generaba tiempos de parada, o la ejecución de trabajo en condiciones incómodas por desperfectos en los equipos de refrigeración.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Para el logro del objetivo 2 se aplicó la técnica de colección de datos de chequeo de variables técnicas, las cuales se definen a continuación.

2.3. INDICADORES DE DESEMPEÑO

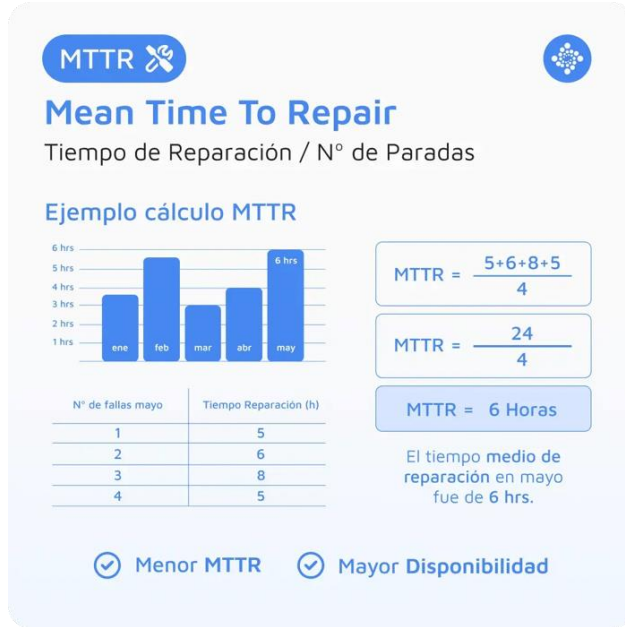
Los indicadores de desempeño son datos cuantificables que permiten evaluar, medir y controlar la eficiencia y la efectividad de las actividades de mantenimiento que tiene una empresa. Con estos datos se facilita la toma de decisiones y apoya al mejoramiento continuo de los procesos.

Los principales indicadores de mantenimiento son:

- MTTR (Tiempo Medio de Reparación).
- MTTF (Tiempo Medio Hasta la Falla).
- MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas).
- Disponibilidad.
- Cumplimiento del plan.
- OEE.

2.3.1. MTTR (tiempo medio para reparación)

Es el tiempo promedio de reparación, el cual indica la eficiencia del equipo de mantenimiento. La importancia de este indicador radica en la reducción del tiempo de inactividad y en la eficiencia en las reparaciones.



Fuente: Rosales, J. (2023). Fractal – “Qué es el MTTR”. <https://www.fractal.com>

Figura 2- 2. Cálculo de tiempo medio de reparaciones.

2.3.2. MTTF (tiempo medio hasta la falla)

Es el tiempo medio hasta la falla, el cual proporciona información valiosa sobre la confiabilidad de los activos y el tiempo promedio hasta que ocurra una falla. El objetivo de este indicador es maximizar el MTTF, reduciendo la frecuencia de fallas y prolongando la vida útil de los activos.



Fuente: Fuente: Rosales, J. (2023). Fractal – “Qué es el MTTF”. <https://www.fractal.com>

Figura 2- 3. Cálculo tiempo medio hasta la falla.

2.3.3. MTBF (tiempo medio entre fallas)

Es el tiempo promedio entre fallas, el cual al obtener un MTBF alto indica mayor confiabilidad y menor frecuencia de fallas.



Fuente: Fractal.com

Figura 2- 4. Cálculo para sacar el MTBF.

2.3.4. Disponibilidad

Es el porcentaje de tiempo que el equipo está operativo y listo para producir.

$$\text{Disponibilidad} = (\text{tiempo operativo} / \text{tiempo total disponible}) * 100$$

2.3.5. Cumplimiento del plan (C.P.)

Es el porcentaje de mantenencias realizadas respecto a las programadas. Este indicador mide el nivel de cumplimiento del equipo de trabajo en relación con las mantenencias planificadas.

$$\text{C.P.} = (\text{Tareas realizadas} / \text{Tareas programadas}) * 100$$

2.3.6. OEE (Eficiencia general de los equipos)

Este es un indicador que mide el rendimiento global de un equipo, con base en la disponibilidad, calidad y rendimiento.



Fuente: Fractal.com

Figura 2- 5. Cálculo para rendimiento de un equipo.

2.4. DOCUMENTACIÓN HISTÓRICA

Para la implementación de los indicadores de desempeño, primero se tendrán que crear los formatos de registros, para los equipos del área de refrigeración de la empresa. En este caso, los registros son los siguientes:

- Ficha técnica del equipo.
- Registro de fallas y reparaciones.
- Control de mantenimiento preventivo.
- Registro diario de operación.

2.5. MATRIZ DE CRITICIDAD SEMICUANTITAVA

La matriz de criticidad semicuantitativa es una herramienta de gestión usada para clasificar los activos físicos de una empresa según la importancia que tienen para la operación. Este análisis tiene una combinación entre lo cuantitativo con lo cualitativo, donde se utilizan escalas numéricas simplificadas para representar criterios cualitativos (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015).

Para su desarrollo se considera el impacto que produciría una falla en la producción, seguridad, calidad y costos, con el fin de identificar cuáles son los equipos más críticos y a los que se les debe poner mayor atención en el plan de mantenimiento.

La matriz es una tabla donde cada celda corresponde a un nivel de criticidad del activo. Esta criticidad es el producto de las frecuencias de las fallas que está en el eje vertical, versus las consecuencias ponderadas de las fallas, ubicadas en el eje horizontal, esta relación, donde la frecuencia actúa como base del cálculo de la criticidad es usada a través de la metodología propuesta por Amendola (2006) y Parra Márquez (2015).

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA} \times \text{CONSECUENCIA}$$

Tabla 2- 3. Tabla estándar demostrativa de matriz de criticidad.

FRECUENCIA	CONSECUENCIA		
	BAJA	MEDIA	ALTA
ALTA	MEDIA	ALTA	CRÍTICO
MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA
BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA

Fuente: Elaboración propia a base de la metodología de Parra Márquez & Crespo Márquez (2015).

Donde la frecuencia está asociada al número de fallas que presente el activo, mientras que la consecuencia se relaciona con los siguientes criterios: el impacto operacional, la flexibilidad operacional, los costos de mantención, el impacto de seguridad y el medio ambiente, cada uno con sus respectivas ponderaciones.

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FF} \times (\text{IO} \times \%) + (\text{FO} \times \%) + (\text{CM} \times \%) + (\text{SHA} \times \%) + (\text{TR} \times \%)$$

FF: Frecuencia de fallas.

IO: Impacto operacional.

FO: Flexibilidad operacional.

CM: Costo de mantenimiento o reparación.

SHA: Impacto de seguridad, higiene y medio ambiente.

TR: Tiempo de reparación.

%: Ponderación asignada a cada criterio.

2.5.1. Procedimiento para desarrollar matriz

Para el desarrollo de la matriz de criticidad semicuantitativa se sigue la siguiente metodología.

2.5.1.1. Identificación de los equipos.

En esta etapa se elabora un inventario con todos los activos que se deseen analizar.

2.5.1.2. Definición de los criterios de evaluación

Se definen los criterios que se utilizarán para determinar la criticidad de un equipo. Estos son los siguientes:

- Frecuencia de falla (FF): Es la frecuencia de fallas que tiene un equipo en un periodo de tiempo.
- Impacto operacional (IO): Es el impacto operacional que produce la falla de un equipo para la operación.
- Flexibilidad operacional (FO): Indica si el equipo tiene respaldo o alternativa operacional al fallar.
- Costo de mantenimiento o reparación (CM): Son los costos relacionados con la falla.
- Impacto de seguridad, higiene y medio ambiente (SHA): Es la posibilidad de ocurrencia de un evento no deseado con daños a personas, al entorno o al medio ambiente.
- Tiempo de reparación (TR): Tiempo de reparación dependiendo del stock de repuestos y la necesidad de especialistas.

2.5.1.3. Asignación de escala de valor a los criterios

Se asigna un valor numérico a cada criterio tal como lo muestra la **Tabla 2-4**, donde se tiene generalmente una puntuación del 1 al 10, utilizando, en este caso, solo valores pares (2, 4, 6, 8 y 10). Sin embargo, se puede usar cualquier escala a conveniencia, donde el valor más alto representa el mayor impacto o criticidad. También se determinan los conceptos que serán evaluados y puntuados para cada criterio definido. A continuación, se muestra un ejemplo:

Tabla 2- 4. Tabla de ejemplo de asignación para los criterios.

CRITERIO	
CONCEPTO	PUNTOS
Impacto muy bajo	2
Impacto bajo	4
Impacto medio	6
Impacto alto	8
Impacto muy alto	10

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.4. Ponderación a cada criterio (W)

A cada criterio se asigna una evaluación porcentual predefinida para que los criterios con mayor relevancia influyan más en el resultado final, tal como lo muestra la Tabla 2-5. La suma de todos los criterios debe dar el 100%. El porcentaje se distribuye dependiendo de lo determinante que sea el criterio en la criticidad total.

Tabla 2- 5. Tabla de ponderación de importancia de cada criterio.

CRITERIO	PONDERACIÓN %	DESCRIPCIÓN
Impacto de seguridad, higiene y medio ambiente.	30%	Mide el riesgo potencial para el trabajador, el entorno y el medio ambiente.
Impacto Operacional	25%	Evalua el efecto que tendria la falla del equipo en la continuidad del servicio.
Flexibilidad operacional	20%	Evalua la existencia de equipo de respaldo o alguna alternativa de operación si es que el equipo falla.
Costo de mantenimiento o reparación	15%	Evalua costos asociados a reaparacion o remplazo del equipo. Considera costos de repuestos y mano de obra.
Tiempo de reparación	10%	Evalua el tiempo de reparacion del equipo.
TOTAL	100%	-

Fuente: Elaboración propia a base de la metodología de Parra Márquez & Crespo Márquez (2015).

2.5.1.5. Cálculo de criticidad

Se obtiene el cálculo de la criticidad que tiene el equipo mediante la siguiente ecuación (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2015):

$$C = FF \times ((IO \times 0.25) + (SHA \times 0.30) + (FO \times 0.20) + (CM \times 0.15) + (TR \times 0.1))$$

2.6 PROPUESTA DE MEJORA DE SISTEMA DE GESTIÓN

La propuesta de mejora al sistema de gestión parte en primera instancia con el desarrollo de la matriz de criticidad descrita, para clasificar los equipos según su impacto operacional. Luego, para la implementación de indicadores de desempeño, se crean los formatos para adjuntar los primeros registros históricos de mantención para Aramark. Por lo tanto, la estructura del sistema se basa en la matriz de criticidad. Las herramientas son los formatos de registros que se diseñan, los cuales serán controlados por los indicadores de desempeño que se implementan.

2.6.1. Desarrollo de matriz de criticidad

A continuación, se desarrolla la matriz de criticidad semicuantitativa con los equipos del área de refrigeración y climatización de la empresa Aramark.

2.6.1.1. Identificación de los equipos

Los equipos identificados para el desarrollo de la matriz son los siguientes, tal como lo muestra la Tabla 2-6:

Tabla 2- 6. Tabla de identificación de equipos.

Ítem	Equipos
1	Cámaras de congelados
2	Reefers congelados
3	Cámara de mantenidos
4	Reefers de mantenidos
5	Abatidores
6	Máquina de jugo
7	Visicooler
8	Salad bar
9	Passthrough
10	A/A piso cielo
11	A/A tipo ventana
12	A/A Split muro

Fuente: Elaboración propia a base de información obtenida en terreno.

2.6.1.2. Asignación de puntos a los criterios

Los criterios a utilizar en esta matriz de criticidad fueron descritos anteriormente. A continuación, se les asigna una puntuación según el grado de impacto sobre la operación y seguridad tal como lo muestra la Tabla 2-7.

- Frecuencia de fallas (FF): El puntaje y las variables asignadas corresponden a la información recolectada en terreno sobre las fallas que tienen los equipos en un año. Además, a diferencia de los demás criterios en este caso se usa escala del 1 al 5 ya que este criterio actúa como factor multiplicador en la ecuación de criticidad. Al usar una escala muy alta los valores de criticidad se podrían sobredimensionar dificultando la lectura de los resultados. Con esta información se realizó la siguiente tabla de puntuación.

Tabla 2- 7. Asignación de puntaje a FF.

Frecuencia De Fallas	Puntos
Mayor a 10 fallas/año	5
7 - 10 fallas/año	4
5 - 6 fallas/año	3
2 - 4 fallas/año	2
Menor a 2 fallas/año	1

Fuente: Elaboración propia a base de información recolectada en terreno.

- Impacto de seguridad, higiene y medio ambiente (SHA): La puntuación de este criterio mide qué tan peligrosa o dañina puede ser una falla, no solo en lo técnico, sino también para la seguridad laboral y ambiental tal como lo muestra la Tabla 2-8.

Tabla 2- 8. Asignación de puntos a criterio SHA.

Impacto De Seguridad	Puntos
Riesgo grave para la persona, pérdida de producto o daño ambiental	10
La falla puede causar accidente o contaminación	8
Falla puede causar accidente leve o incumplimiento menor de normas	6
Falla genera riesgos menores y controlables	4
La falla no genera riesgos para las personas, para el producto ni para el ambiente	2

Fuente: Elaboración propia.

- Impacto operacional (IO): Este criterio mide el efecto que genera la falla de un equipo en la continuidad del servicio o producción, tal como lo muestra la Tabla 2-9.

Tabla 2- 9. Asignación de puntos para criterio IO.

Impacto Operacional	Puntos
Detiene la producción	10

Detiene un proceso importante o genera retrasos en el servicio	8
La falla afecta parcialmente el servicio, pero no lo para completamente	6
La falla afecta levemente el rendimiento	4
La falla no afecta la operación ni el servicio	2

Fuente: Elaboración propia.

- Flexibilidad operacional (FO): En este caso se evalúa la capacidad que tiene la empresa para dar una alternativa al equipo en falla, tal como lo muestra la Tabla 2-10.

Tabla 2- 10. Asignación de puntos para criterio FO.

Flexibilidad Operacional	Puntos
No hay alternativa, la falla para la operación	10
Es complicado cambiar el equipo, la operación se ve afectada	8
La operación se mantiene parcialmente con limitaciones	6
Hay alternativas que permitan seguir con la operación	4
El equipo se puede cambiar fácilmente	2

Fuente: Elaboración propia.

- Costo de mantenimiento (CM): El criterio evalúa el impacto económico que tiene mantener, reparar o cambiar el equipo cuando falla, tal como lo muestra la Tabla 2-11.

Tabla 2- 11. Asignación de punto a criterio CM.

Costos Promedio	Puntos
Más de \$1,500,000	10
\$700,001 a \$1,500,000	8
\$300,001 a \$700,000	6
\$100,001 a \$300,000	4
Menos de \$100,000	2

Fuente: Elaboración propia.

- Tiempo de reparación (TR): Este criterio evalúa el lapso de tiempo que se requiere para la reparación de la falla, tal como lo muestra la Tabla 2-12.

Tabla 2- 12. Asignación de puntos de criterio TR.

Tiempo De Reparación	Puntos
Más de 3 días	10
Entre 1 y 3 días	8
Entre 8 y 24 horas	6
Entre 2 y 8 horas	4
Menos de 2 horas	2

Fuente: Elaboración propia a base de datos de terreno.

2.6.1.3. Cálculo de criticidad de equipos

A continuación, se procede a evaluar los equipos de refrigeración y climatización que usa la empresa para su producción, tal como lo muestra la Tabla 2-13. La evaluación se realiza mediante la jerarquización de los factores realizada anteriormente, los cuales se completan según las fallas de cada uno de los equipos para finalmente detectar el o los equipos de mayor criticidad. Los puntajes asignados a cada criterio de la consecuencia se determinaron con base en las observaciones directas en terreno durante el diagnóstico, entrevistas realizadas al supervisor y técnicos del área de mantención, y el análisis de las cotizaciones reales de la empresa. La frecuencia de fallas se estimó con base en la información recopilada en terreno con el equipo técnico del área de refrigeración, debido a que no existen registros históricos. En la siguiente tabla se puede apreciar la criticidad de los equipos.

Tabla 2- 13. Desarrollo de matriz de criticidad a base de los criterios.

ÍTEM	EQUIPOS	FF	SHA		IO		FO		CM		TR		CRITICIDAD
		PUNTOS	PUNTOS	W	PUNTOS	W	PUNTOS	W	PUNTOS	W	PUNTOS	W	
1	Reefers congelado	2	10	0,3	8	0,25	8	0,2	10	0,15	10	0,1	18,2
2	Cámara de congelados	4	10	0,3	8	0,25	8	0,2	10	0,15	10	0,1	36,4
3	Reefers mantenidos	2	6	0,3	6	0,25	6	0,2	10	0,15	10	0,1	14
4	Cámara de mantenidos	4	6	0,3	6	0,25	6	0,2	10	0,15	10	0,1	28
5	Abatidor	3	8	0,3	8	0,25	6	0,2	10	0,15	10	0,1	24,3
6	Máquina de jugo	2	4	0,3	4	0,25	6	0,2	6	0,15	10	0,1	10,6
7	Visicooler	2	6	0,3	6	0,25	6	0,2	6	0,15	10	0,1	12,8
8	Salad bar	2	6	0,3	6	0,25	6	0,2	6	0,15	10	0,1	12,8
9	Passthrough	2	6	0,3	6	0,25	6	0,2	6	0,15	10	0,1	12,8
10	A/A piso cielo	2	2	0,3	2	0,25	4	0,2	8	0,15	10	0,1	8,2
11	A/A tipo ventana	1	2	0,3	2	0,25	4	0,2	6	0,15	10	0,1	3,8
12	A/A split muro	1	2	0,3	2	0,25	4	0,2	6	0,15	10	0,1	3,8

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla, la cámara de congelados es el equipo con el índice de criticidad más alto, con 36,4 puntos. Con este dato de referencia, se establecieron tres rangos de proporcionalidad: la alta criticidad para equipos que superan el 65% del puntaje máximo, criticidad media para equipos entre el 33% y el 65%, y baja criticidad para equipos bajo el 33%. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2- 14. Clasificación de grado de criticidad.

CRITICIDAD	PUNTAJE
Alta	Mayor a 24
Media	12 a 24
Baja	Menor a 12

Fuente: Elaboración propia.

Ya viendo la tabla anterior, se analizan y clasifican los equipos según su criticidad, donde:

- Criticidad alta: Cámara de congelados (36,4), cámara de mantenidos (28) y abatidor (24,3).
- Criticidad media: Reefers congelados (18,2), reefers mantenidos (14), visicooler (12,8), salad bar (12,8) y passthrough (12,8).
- Criticidad baja: Máquina de jugo (10,6), A/A piso cielo (8,2), A/A tipo ventana (3,8) y A/A split muro (3,8).

2.6.2. Plan de mantenimiento diferenciado

Con el análisis de criticidad se define una estrategia de mantenimiento diferente para los equipos según su criticidad. Para ello, primero se crea el formato de la ficha

técnica para cada equipo.

2.6.2.1. Ficha técnica para equipos de refrigeración

En primera instancia es necesario conocer las características y descripción del equipo a intervenir, por ello se propone implementar el siguiente formato de ficha técnica para los equipos de refrigeración y climatización.


		FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	
DATOS GENERALES			
Nombre:		Marca:	
Ubicación:		Tipo de sistema	
Nombre del Responsable	Cargo	Telefono	E-mail
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO			
Voltaje (V):		Dimensiones cavidad	
Corriente Nominal (amp):		Ancho :	Largo: Alto:
Potencia (watts):		Motor Ventilador	Compresor Motor ventilador ev.
Frecuencia:			
N° de Fases:		Marca:	Marca: Marca:
Refrigerante:			
Carga de refrigerante:		Voltaje:	Voltaje: Voltaje
BTU:		Corriente:	Corriente: Corriente
Material:		Velocidad:	Velocidad: Velocidad
Funcionamiento:			
IMÁGEN			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2- 6. Formato de ficha técnicas para equipos.

2.6.2.2. Checklist para equipos de alta criticidad

Se crea un checklist de mantenimiento preventivo tal como lo muestra la Figura 2-7 para los equipos de alta criticidad, que son los siguientes: cámara de congelados, cámara de mantenidos y abatidor. El checklist preventivo tiene que ser mensual, con una intervención completa y exhaustiva, con un tiempo estimado de 2 a 3 horas, serán chequeados al menos 12 puntos de verificación y debe ser realizado por técnicos especialistas.


		MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO DE REFRIGERACIÓN		
Supervisor:		Empresa:		
Gerencia:		Fecha:	Frecuencia:	
Duración:		Hora de inicio:	Hora de término:	
Equipo:		Lugar específico:		
Trabajo a realizar:				
	Trabajador	RUT	Cargo	Firma
1.				
2.				
3.				
MEDIDAS DE CONTROL				
1. Confección de ART		5. Cumplir con los procedimientos de trabajo establecidos		
2. Utilizar EPP correspondientes para trabajo		6. Bloqueo de equipo si es que corresponde		
3. Uso de árnes y andamios si es que corresponde		Procedimiento:		
4. Delimitar área de trabajo				
USO DE EPP				
1. Casco de seguridad		4. Uso de lentes seguridad		
2. Chaleco reflectante		5. Uso de zapatos de seguridad		
3. Uso de guantes de seguridad		6. Protectores auditivos		
Otros :				
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	ESTADO (X)		
		Bueno	Malo	No aplica
Seguridad	1. En primera instancia asegurarse de que la cámara este apagada y desenergizada, además debe usar el equipo de protección personal adecuado para la tarea.			
Inspección visual	1. Examinar la estructura física de la cámara, el techo, el piso y las paredes. En busca de daños, corrosión o signos de desgastes.			
	2. Verificar estado de aislamiento de las paredes, techo y piso, buscando áreas de condensación, moho o daños que puedan comprometer la eficiencia térmica.			
	3. Inspeccionar el aislamiento de las puertas, los burletes, para asegurar el sellado adecuado. En caso de burlete dañado o desgastado reemplace por uno nuevo.			
Compresor	1. Revisar nivel y calidad de aceite en la mirilla del compresor, en caso de que el aceite se encuentre contaminado a un nivel de ¼, cambiar el aceite por el determinado en la placa del equipo o en la ficha técnica de éste. Lo normal es que el aceite tenga un nivel de ¾ en la mirilla.			
	2. Escuchar el funcionamiento del compresor en busca de ruidos y vibraciones anormales, para esto el equipo debe estar funcionando.			
	3. Revisar estado físico del compresor y limpiar para buscar posible fuga en su cuerpo o en las conexiones que tenga.			
Condensador	1. Apagar equipo nuevamente.			
	2. Limpiar condensador con producto químico especial para esto, dejar un par de minutos que haga efecto para remover todo tipo de suciedad, luego enjuagar con agua a presión, se puede usar una hidrolavadora.			
	3. Verificar que aletas del serpentín este bien físicamente, si es que e encuentran chueca peinarlas para que queden correctamente alineadas.			
	4. Verificar funcionamiento de los ventiladores del condensador, limpiar aspás y lubricar motor.			
Evaporador	1. Limpiar el serpentín del evaporador con producto químico especial para esto, luego enjuagar con agua, usando una hidrolavadora.			
	2. Limpiar bandeja y el tubo de desagüe para evitar obstrucción y acumulación de agua lo que provoca la creación de hielo.			
	3. Verificar que resistencias de deshielo y desagüe estén funcionando correctamente, en caso de falla cambiarlas por nuevas.			
	4. Verificar funcionamiento correcto de ventiladores del evaporador, limpiar aspás y lubricar motor. En caso de falla cambiar por equipos nuevos.			
Filtro deshidratador	1. Verificar estado del filtro, en caso de obstrucción cambiar por uno nuevo.			
Solenoide	2. Revisar conexiones en busca de fuga de refrigerante.			
Válvula de expansión	1. Inspeccionar estado de la válvula de solenoide, asegurándose que funcione correctamente.			
	1. Revisar y verificar que la válvula de expansión se encuentre sin obstrucciones y en buen funcionamiento.			
Sistema eléctrico	2. Verificar que bulbo de la válvula este bien posicionado y fijo a la tubería.			
	1. Inspeccionar todas las conexiones eléctricas del sistema de refrigeración del equipo, en busca de desgaste, corrosión o conexiones flojas.			
	2. Reapretar conexiones eléctricas y aplicar limpia contacto si es necesario.			
	3. Verificar el funcionamiento del controlador, asegurando que los parámetros de funcionamiento estén correctos.			
Sistema de control de temperatura	4. Realizar prueba eléctrica, incluyendo la verificación de los disyuntores, fusibles, contactores.			
	1. Verificar calibración de los sensores de temperatura, asegurarse que estén funcionando correctamente y ajustados a las temperaturas deseadas. En caso de falla en los sensores o termostatos realizar cambio.			
Sistema de descarche	2. Realizar prueba de control de temperatura para asegurar que la cavidad a enfriar se encuentre a la temperatura deseada.			
	1. Verificar que el sistema de desescarche esté funcionando correctamente.			
	2. Revisar los calentadores y termostatos de desescarche.			
Refrigerante	3. Establecer ciclo de defrost apto para el comportamiento del equipo en revisión.			
	1. Verificar nivel de refrigerante y recargar si es que es necesario, usando el refrigerante adecuado para el sistema.			
	2. Inspeccionar posibles fugas mediante un detector de fugas y reparar si es que se encontró alguna.			
Flujo de aire	1. Inspeccionar y asegurar que no haya obstrucción del flujo de aire en el condensador y el evaporador.			
	2. Verificar que los ventiladores estén limpios, lubricados y funcionando correctamente.			
Pruebas de funcionamiento	1. Encender equipo de frío y monitorear funcionamiento.			
	2. Verificar temperatura interna de la cavidad y asegurarse de que el sistema mantenga la temperatura deseada.			
	3. Medir las presiones y las temperaturas del sistema para corroborar que se encuentren en los parámetros establecidos por la temperatura que se desea llegar en la cavidad a enfriar.			
Documentos	1. Registrar todas las acciones realizadas incluyendo la fecha, las inspecciones, limpieza, ajustes y reemplazos para mantener un registro de mantenimiento detallado, generando así un historial del equipo para futuras referencias.			
OBSERVACIÓN				

Fuente: Elaboración propia a base de conocimientos obtenidos por salidas a terreno.

Figura 2- 7. Checklist de mantenimiento preventivo para equipos críticos.

2.6.2.3. Checklist para equipos de mediana criticidad

Se crea un checklist de mantenimiento preventivo para implementarlo en todos los equipos de mediana criticidad tal como lo muestra la Figura 2-8. Este checklist es de frecuencia bimestral, realizado por técnicos especialistas y deberá tener una duración de aproximadamente 1 hora. Los equipos que abarca son los siguientes: reefer congelado, reefer mantenido, visicooler, salad bar y passthrough.

		MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO DE REFRIGERACIÓN		
Supervisor:		Empresa:		
Gerencia:		Fecha:	Frecuencia:	
Duración:		Hora de inicio:	Hora de término:	
Equipo:		Lugar específico:		
Trabajo a realizar:				
	Trabajador	RUT	Cargo	Firma
1.				
2.				
3.				
MEDIDAS DE CONTROL				
1. Confección de ART		5. Cumplir con los procedimientos de trabajo establecidos		
2. Utilizar EPP correspondientes para trabajo		6. Bloqueo de equipo si es que corresponde		
3. Uso de árnes y andamios si es que corresponde		Procedimiento:		
4. Delimitar área de trabajo				
USO DE EPP				
1. Casco de seguridad		4. Uso de lentes seguridad		
2. Chaleco reflectante		5. Uso de zapatos de seguridad		
3. Uso de guantes de seguridad		6. Protectores auditivos		
Otros :				
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	ESTADO (X)		
		Bueno	Malo	No aplica
Seguridad	1. En primera instancia asegurarse de que el equipo este apagado y desenergizada, además debe usar el equipo de protección personal adecuado para la tarea.			
Inspección visual	1. Examinar la estructura física del equipo, el techo, el piso y las paredes. En busca de daños, corrosión o signos de desgastes.			
	2. Verificar estado de aislamiento de las paredes, techo y piso, buscando áreas de condensación, moho o daños que puedan comprometer la eficiencia térmica.			
	3. Inspeccionar el aislamiento de las puertas, los burletes, para asegurar el sellado adecuado. En caso de burlete dañado o desgastado reemplace por uno nuevo.			
Sistema de frío	1. Limpieza de filtros, rejillas de ventilacion y condensadores.			
	2. Verificar temperatura de operación según especificaciones de trabajo.			
	3. revisar funcionamiento correcto de ventiladores.			
Sistema eléctrico	1. Inspeccionar todas las conexiones eléctricas del sistema de refrigeración del equipo, en busca de desgaste, corrosión o conexiones flojas.			
	2. Reapretar conexiones eléctricas y aplicar limpia contacto si es necesario.			
	3. Verificar el funcionamiento del controlador, asegurando que los parámetros de funcionamiento estén correctos.			
Pruebas de funcionamiento	1. Encender equipo de frío y monitorear funcionamiento.			
	2. Verificar temperatura interna de la cavidad y asegurarse de que el sistema mantenga la temperatura deseada.			
	3. Medir las presiones y las temperaturas del sistema para corroborar que se encuentren en los parámetros establecidos por la temperatura que se desea llegar			
Documentos	1. Registrar todas las acciones realizadas incluyendo la fecha, las inspecciones, limpieza, ajustes y reemplazos para mantener un registro de mantenimiento detallado, generando así un historial del equipo para futuras referencias.			
OBSERVACION				

Fuente: Elaboración propia a base de información recolectada en terreno.

Figura 2- 8. Checklist de mantenimiento preventivo de media criticidad.

2.6.2.4. Checklist para equipos de baja criticidad

Se crea un checklist de mantenimiento preventivo para implementarlo en todos los equipos de baja criticidad tal como lo muestra la Figura 2-9. Es un mantenimiento trimestral, debe durar aproximadamente 45 minutos y es realizado por técnicos especialistas. Los equipos identificados en esta criticidad son los aires acondicionados y las máquinas de jugo. A continuación, se muestra el checklist.

		MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPO DE REFRIGERACIÓN		
Supervisor:		Empresa:		
Gerencia:		Fecha:	Frecuencia:	
Duración:		Hora de inicio:	Hora de término:	
Equipo:		Lugar específico:		
Trabajo a realizar:				
Trabajador	RUT	Cargo	Firma	
1.				
2.				
3.				
MEDIDAS DE CONTROL				
1. Confección de ART		5. Cumplir con los procedimientos de trabajo establecidos		
2. Utilizar EPP correspondientes para trabajo		6. Bloqueo de equipo si es que corresponde		
3. Uso de árnes y andamios si es que corresponde		Procedimiento:		
4. Delimitar área de trabajo				
USO DE EPP				
1. Casco de seguridad		4. Uso de lentes seguridad		
2. Chaleco reflectante		5. Uso de zapatos de seguridad		
3. Uso de guantes de seguridad		6. Protectores auditivos		
Otros :				
ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	ESTADO (X)		
		Bueno	Malo	No aplica
Seguridad	1. En primera instancia asegurarse de que el equipo este apagado y desenergizada, además debe usar el equipo de protección personal adecuado para la tarea.			
Limpieza	1. Limpieza de filtros, rejillas de ventilacion, condensadores y evaporadores.			
	2. Limpiar superficies externas e internas			
Verificación	1. Verificar funcionamiento correcto de ventiladores.			
	2. Revisar funcionamiento básico del equipo			
	3. Comprobar sistema de drenaje.			
Sistema eléctrico	1. Reapretar conexiones eléctricas y aplicar limpia contacto si es necesario.			
Pruebas de funcionamiento	1. Encender equipo de frio y monitorear funcionamiento.			
Documentos	1. Registrar todas las acciones realizadas incluyendo la fecha, las inspecciones, limpieza, ajustes y reemplazos para mantener un registro de mantenimiento detallado, generando así un historial del equipo para futuras referencias.			
OBSERVACIÓN				

Fuente: Elaboración propia a base de información obtenida en terreno.

Figura 2- 9. Checklist de mantenimiento preventivo de baja criticidad.

2.6.3. Diseño de formatos de registros

A continuación, es necesario desarrollar los formatos de registros para la recopilación y análisis de la información generada al ejecutar los checklists de los equipos.

La recopilación de información a través de estos registros permitirá tener un seguimiento continuo al comportamiento operativo de los equipos, facilitando la detección de posibles fallas o desviaciones de los parámetros normales de funcionamiento. A la vez, los datos obtenidos constituyen la base para la elaboración de los indicadores de gestión de mantenimiento, los cuales permiten evaluar la efectividad de las acciones preventivas, optimizar los recursos utilizados y tomar decisiones efectivas para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas de refrigeración.

Los formatos a desarrollar son los siguientes:

- Registro de mantenimiento preventivo.
- Registro de reporte de fallas.
- Plan semanal o mensual de actividades.

2.6.3.1. Formato de registro de mantenimiento preventivo

Este registro es para la recopilación de información sobre las fechas, el tipo de mantenimiento preventivo y el tiempo que se utiliza para la intervención. Con esta información se puede controlar el cumplimiento de los mantenimientos programados, identificar tendencias de fallas y evaluar el desempeño del equipo.

El formato del registro es para poder implementarlo en la gestión de la empresa y su diseño es el siguiente:

		REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN					
FECHA	EQUIPO	TAREA REALIZADA	HORA DE INICIO	HORA DE TÉRMINO	TIEMPO TOTAL	TÉCNICO A CARGO	OBSERVACIONES

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2- 10. Formato de registros de mantenimientos de equipos.

			REGISTROS DE COSTOS DE MATERIALES Y REPUESTOS EN REFRIGERACIÓN							
Fecha	Equipo	Tipo de Mantenimiento (Preventivo / Correctivo)	Descripción de la Actividad	Materiales /Repuestos Utilizados	Costo Materiales /Repuestos (\$)	Mano de Obra (hrs)	Costo Mano de Obra (\$)	Costo Total (\$)	Técnico	Observación

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2- 12. Formato de registros de costos.

2.6.3.4. Diseño de plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento se presenta a través de la creación de una carta Gantt con todos los equipos de refrigeración y climatización, tal como lo muestra la Figura 2-13. Está diseñada para demostrar planificación, control y organización del mantenimiento a lo largo del año.

Para el desarrollo se realizó un sistema de rotación de mantenimiento, el cual permite distribuir la carga de trabajo de manera equilibrada a lo largo del año. Gracias al análisis de criticidad realizado anteriormente, se determinó que los equipos críticos son atendidos mensualmente, los equipos de mediana criticidad, bimestralmente, y los de baja criticidad, trimestralmente. Esto se refleja en la carta Gantt. Además, la carta está diseñada solo con los tres primeros meses del año 2026, pero con esto se representa el año completo, ya que cada cierto tiempo, como se indicó anteriormente, las mantenciones se repiten según la frecuencia establecida.

2.6.4. Como implementar indicadores de desempeño

Debido a que no se cuenta con los datos históricos de mantenimiento del área de refrigeración y climatización, la implementación de los indicadores de desempeño debe ser de manera progresiva y desde cero, ya que se generan los primeros datos con el desarrollo de los formatos de registros diseñados anteriormente.

Como primera medida, se desarrollarán 3 indicadores de desempeño, los cuales son:

- Cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.
- Tiempo medio entre fallas.
- Tiempo medio para reparar.

La selección de estos indicadores se basa en la capacidad que tienen para evaluar aspectos fundamentales en un sistema de gestión, como son el cumplimiento, la efectividad y la eficiencia que tiene el plan de mantenimiento. Con estos resultados positivos se espera transitar de un mantenimiento principalmente reactivo a uno preventivo, se reduce las paradas operativas y se optimizan los recursos.

Para el desarrollo de estos indicadores se plantea el siguiente cronograma:

1. Recopilación de datos. En primera instancia, durante los primeros tres meses, los técnicos se centran en la recolección de datos mediante los formatos de registro creados anteriormente. Esto permite obtener los valores iniciales para los indicadores de desempeño, reconociendo que no existen datos históricos en la empresa.
2. Cálculos de indicadores de desempeño. Luego de haber recolectado los datos, en los meses 4 al 6 se realizan los cálculos de los indicadores para establecer metas realistas basadas en los resultados obtenidos.
3. Análisis de datos obtenidos. Por último, a partir del séptimo mes, con el sistema de medición consolidado y con tendencias claras de los equipos, se analizan los resultados obtenidos para tomar decisiones técnicas e implementar mejoras continuas al sistema de mantenimiento.

A continuación, se dan especificaciones técnicas para el desarrollo de cada indicador de desempeño.

2.6.4.1. Cumplimiento del programa preventivo

El propósito de este indicador es medir el grado de cumplimiento mensual del mantenimiento preventivo establecido en la carta Gantt. Para el cálculo de este indicador

son fundamentales las fuentes de datos de los siguientes registros, para luego calcularlos con la fórmula.

- Checklist de mantenimiento preventivo completados.
- Carta Gantt de actividades planificadas.
- Registro de ejecución de mantenimiento.

La fórmula a utilizar es:

$$\text{Cumplimiento} = (\text{Mantenciones realizadas} / \text{Mantenciones planificadas}) \times 100\%$$

2.6.4.2. Tiempo medio entre fallas

Este indicador está encargado de evaluar la confiabilidad operacional de los equipos críticos de Aramark, que en este caso son cámaras de congelados, cámaras de mantenidos y abatidores. Para el cálculo de este indicador son fundamentales las fuentes de datos de los siguientes registros, para luego calcularlos con la fórmula.

- Formato de reportes de fallas.
- Registro de operación de equipos.
- Historial de intervenciones correctivas.

La fórmula a utilizada es:

$$\text{MTBF} = (\sum \text{ tiempo de operación} - \sum \text{ tiempos de parada}) / \text{N}^\circ \text{ de fallas}$$

2.6.4.3. Tiempo medio de reparación

El MTTR está encargado de medir la eficiencia del equipo técnico ante una falla. Para el desarrollo de este indicador es necesario tener la fuente de datos de los siguientes registros:

- Formato de reporte de fallas (hora de inicio y hora de término).
- Registro de recursos utilizados en las reparaciones.

La fórmula utilizada es:

$$\text{MTTR} = \sum (\text{tiempo de reparación}) / \text{N}^\circ \text{ de fallas}$$

2.7 HOJA DE PROPUESTAS

En resumen, la hoja de propuestas de mejora en el plan de mantenimiento preventivo incluye las siguientes etapas,

1. Se propone construir un plan de mantenimiento que contemple un registro de eventos pasados en cuanto a accidentes ocurridos, causas probables y medidas implementadas de forma que las decisiones no tengan que repensarse y ya el sistema se dé por solucionado si el accidente que ocurra se asemeja a uno del pasado. Con ello también se podrá entrenar nuevo personal que labore en el área de refrigeración con los equipos que sean de uso común.
2. Se propone realizar una tabla de Gantt con las actividades planificadas para el uso de equipos e instrumentación de refrigeración de forma que se registre los posibles coadyuvantes a la obsolescencia de los mismos, y en tal sentido también pueda rastrearse las causas de daños ocurridos en ellos.
3. Se propone llevar nota de los días en los cuales se aplicó mantenimiento a los equipos y causa potencial para que se haya realizado. De igual forma registrar las personas que hagan uso de los mismos, para que se conozcan eventualmente cuantos usuarios tiene.
4. Se propone establecer un formato de reporte de fallas tal como el que se ha señalado previamente en los resultados del objetivo 2.
5. Se propone establecer un formato de reporte de desperfectos inesperados, y calcular la frecuencia de fallas de forma que se pueda localizar si la falla se debe a un desperfecto en común o no.
6. Se propone realizar y utilizar un formato de reporte de accidente o de daños, que involucre daños materiales o humanos para identificar la cuantía de los mismos si llegasen a presentarse.

Para el logro del objetivo 3, se aplicó la técnica de colección de datos de verificación de variables técnicas de costos, generando resultado mostrados en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.1. INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

Este capítulo evalúa la viabilidad económica del sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado. Para ello se analizan los costos de implementación y los ahorros operativos proyectados por reducción de fallas.

Debido a que la empresa no cuenta con datos históricos completos, el análisis se basa en estimaciones conservadoras las cuales son respaldadas por datos reales de la empresa y por referencias de industrias especializadas.

3.2. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA

Debido a que Aramark no cuenta con los registros históricos detallados de los costos específicos del mantenimiento en refrigeración, la determinación de la viabilidad económica del sistema de gestión de mantenimiento preventivo propuesto se realiza mediante un análisis estimativo por componentes, utilizando referencias del sector.

La metodología a utilizada es la siguiente:

1. Se identifican todos los costos de implementación del sistema diseñado, correspondiente a los gastos nuevos que debe asumir la empresa para poner en marcha el diseño propuesto.
2. Se estiman los ahorros anuales proyectados con base en tres componentes: compra de repuestos urgentes, horas extras del personal y pérdida operativa por parada de algún equipo.
3. Con los valores obtenidos se calculan los indicadores financieros como el Payback, ROI, VAN y TIR, complementados con un análisis de sensibilidad.

3.3. DESARROLLO DE METODOLOGIA DE EVALUACIÓN

A continuación, se desarrolla la metodología para determinar la evaluación económica del sistema de mantenimiento preventivo diseñado.

3.3.1. Costos de implementación

Los costos de implementación corresponden a la inversión única inicial que se requiere para poner en marcha el sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado en este trabajo. Esta inversión es necesaria para suplir las carencias identificadas en el diagnóstico realizado en el capítulo 1, específicamente en la categoría método del diagrama de Ishikawa (Figura 2-1).

Se incluyen costos que Aramark no tiene en la actualidad.

Dentro de los costos de implementación se encuentran los siguientes puntos:

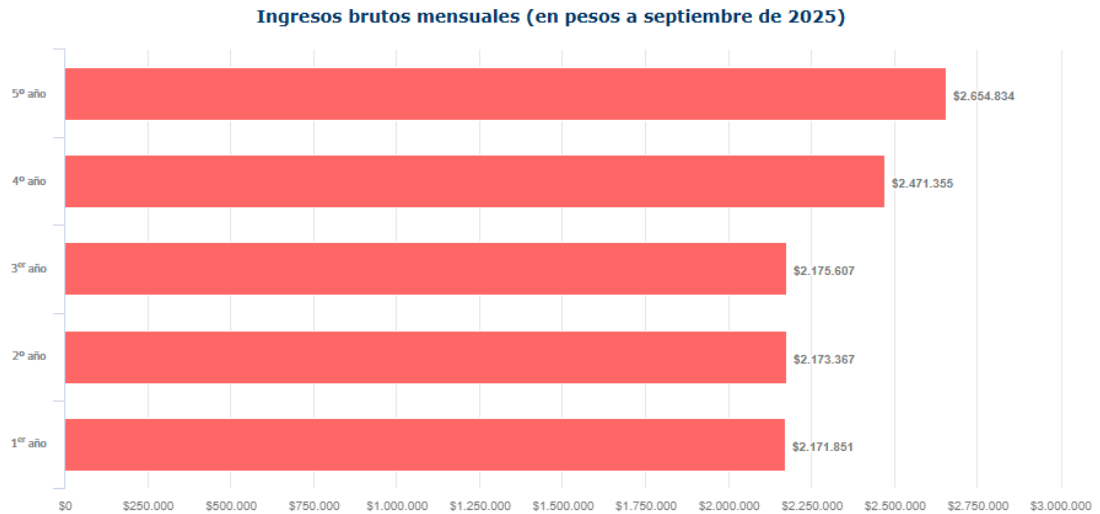
- El desarrollo de documentación.
- Capacitación del personal.
- Stock mínimo inicial de repuestos.
- Software de mantenimiento y de gestión de activos.

3.3.1.1. Desarrollo de documentación

Este ítem abarca el costo del capital humano especializado para la creación del marco de documentación que se desarrolló anteriormente en el capítulo dos. Partiendo por:

1. Costo de elaboración del manual del sistema de gestión de mantenimiento. Este incluye la matriz de criticidad (Tabla 2-13), los procedimientos de trabajo y la explicación de los indicadores de desempeño.
2. Costo de la creación de checklist de mantenimiento preventivo estandarizados, diseñados en las Figura 2-7, Figura 2-8 y Figura 2-9.
3. Costo de creación de formatos de registros diseñados anteriormente. Estos son: ficha técnica (Figura 2-6), Registro de mantenimiento (Figura 2-10), reportes de fallas (Figura 2-11 Figura 2- 11) y registro de costos (Figura 2-12).

Para la estimación del costo de capital humano especializado para la creación del diseño del sistema de gestión preventivo, se consideró el sueldo promedio de un ingeniero industrial hasta septiembre de 2025. Esto se obtuvo a través de datos oficiales de Mifuturo.cl del Ministerio de Educación de Chile. En la Figura 3-1 se muestran los ingresos brutos que tienen los profesionales con diferentes años de experiencia.



Fuente: (Mifuturo, 2026)

Figura 3- 1. Ingresos de ingeniero industrial 2025

En la Figura 3-1 se muestra el salario bruto que tiene el ingeniero industrial desde el primer año de experiencia hasta el quinto año. Con esto se obtiene un promedio del ingreso, sumando los ingresos del primer y quinto año de experiencia y dividiendo el resultado entre dos.

Posteriormente, con el resultado obtenido, se suma el valor de \$209.396 que es la gratificación legal que debe pagar cada empresa según el artículo 50 del Código del trabajo. Luego el resultado se divide entre las 189 horas mensuales que se trabajan en Chile según el Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile (2024), Ley 21.561 – Reducción de jornada laboral a 40 horas, obteniendo finalmente el costo por hora del ingeniero industrial.

El ingreso promedio se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ingreso promedio} = \frac{\$2.171.851 + \$2.654.834}{2} = \$2.413.343$$

$$\text{Ingreso promedio} = \$2.413.343 + \$209.396 = \$2.622.739$$

Posteriormente se calculó costos por hora:

$$\text{Costos por hora} = \frac{\$2.622.739}{189 \text{ horas}} = \$13.877$$

Para un desarrollo más práctico del análisis, se usará un costo de hora aproximado a \$14.000.

Con el costo por hora estimado en \$14.000, es posible desglosar los costos asociados a la elaboración de la documentación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado. A continuación, se muestra la estimación de costos en la Tabla 3-1.

Tabla 3- 1. Desglose de costos de creación de documentación

Ítem de Documentación	Horas de trabajo (h)	Costo por hora (\$)	Costo Total (\$)	Desglose de lo que incluye
Elaboración del manual de sistema de gestión	35	\$14.000	\$490.000	Matriz de criticidad, carta Gantt, Explicación de indicadores, explicación de uso del sistema de gestión diseñado.
Elaboración del diseño y estandarización de checklist	25	\$14.000	\$350.000	Tres diseños de checklist de mantenimiento preventivo, diferenciado por criticidad.
Elaboración de formatos de registros	20	\$14.000	\$280.000	Cuatro formatos principales de registro: ficha técnica de equipo, registro de mantenimiento de equipos, reporte de historial de fallas y registros de costos.
Total	80	\$13.000	\$1.120.000	

Fuente: Elaboración propia a base de estimación de datos.

La estimación de las horas requeridas para el desarrollo de la documentación se realizó con la experiencia adquirida durante el desarrollo del capítulo dos.

En resumen, se obtiene como primer costo inicial para la puesta en marcha del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, un total de **\$1.120.000** en 80 horas de trabajo.

3.3.1.2. Capacitación del personal

Para que el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo sea exitoso, es fundamental la correcta comprensión y adopción por parte del equipo técnico. Por ello que se debe efectuar formalmente un programa de capacitación por parte del ingeniero industrial, hacia el personal directamente involucrado: los cuatro frigoristas y dos supervisores, de los cuales se hará la capacitación a la mitad del personal en un turno y a la otra mitad en el otro turno. Además, se considera agregar el costo de oportunidad y el costo de los materiales de capacitación como las impresiones y material de apoyo.

El costo de oportunidad es el valor al que se renuncia cuando se toma una decisión, en este caso la decisión es retirar al personal técnico de sus labores productivas por 8 horas para la capacitación. A lo que se renuncia es a la ejecución de actividades

preventivas y correctivas, siendo un costo económico real para la empresa debido a la producción que se dejó de hacer mientras se hacía la capacitación.

En resumen, los costos de este ítem son los siguientes:

- Costo de hora hombre del ingeniero industrial para la capacitación, donde realiza la capacitación en 8 horas por turno y \$14.000 la hora, el profesional a cargo es el mismo que desarrollo la documentación.

$$\text{Costo de capacitación} = 16h \times \$14.000 = \mathbf{\$224.000}$$

- Costo hora personal, para determinar este costo, se estima un promedio del sueldo bruto del frigorista y supervisor en \$1.400.000, más la gratificación legal de \$209.396.

$$\text{Costo hora personal} = \frac{\$1.400.000 + \$209.396}{189\text{horas}} = 8.515,3$$

Se utiliza un valor aproximado de **\$8.500** para un análisis más práctico.

$$\text{Costo hora personal} = \$8.500 \times 6 \text{ personas} \times 8 \text{ horas} = \mathbf{\$408.000}$$

- Costos de materiales de apoyo como carpetas e impresiones, etc. Se estima un costo aproximado de **\$50.000**.

A continuación, se presenta la Tabla 3-2 con el resumen de los costos totales de la capacitación del personal.

Tabla 3- 2. Costos totales de capacitación del personal

Ítem	Detalle	Duración (h)	Costo x hora	Costo Total
Costo de capacitación	Ingeniero Industrial	16	\$14.000	\$224.000
Costo de Oportunidad	Frigorista y supervisores	48	\$8.500	\$408.000
Material de apoyo	Carpetas, archivadores, impresiones	-	\$50.000	\$50.000
Costo total de capacitación	-	-	-	\$682.000

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3. Costos de materiales y recursos

Para la correcta ejecución del sistema de gestión del plan de mantenimiento preventivo diseñado, es necesario que los técnicos cuenten con todos los insumos y herramientas de diagnóstico para llevar a cabo los checklist preventivos diseñados anteriormente.

Sin embargo, según el diagnóstico realizado en el capítulo uno, la empresa Aramark posee un conjunto básico de herramientas e insumos, careciendo de stock estratégico de repuestos e insumos específicos. Por lo tanto, este ítem considera los costos de los insumos y del stock inicial de repuestos críticos necesarios para la operación del sistema de mantenimiento diseñado.

En la Tabla 3-3 se muestra el costo asociado al stock inicial de repuestos e insumos críticos, a partir de valores referenciales del mercado obtenidos a través de catálogos y tiendas online de sistemas de refrigeración y climatización en Chile. Los valores corresponde a un costo aproximado de los precios publicados en plataformas comerciales reconocidas en el rubro de HVAC.

Tabla 3- 3. Costos de stock mínimo inicial

Ítem	Cantidad	Precio unitario	Costo total
Relé de arranque	2	\$7.000	\$14.000
Capacitor de arranque	2	\$10.000	\$20.000
Capacitor de marcha 35/40uf	2	\$7.500	\$15.000
Presostato KP15	1	\$91.000	\$91.000
Moto ventilador de 25w	2	\$30.000	\$60.000
Filtro Deshidratador 163 3/8	2	\$28.000	\$56.000
Filtro Deshidratador 164 1/2	2	\$30.000	\$60.000
Calefactor de desagüe	1	\$20.000	\$20.000
Resistencias de deshielo	1	\$56.000	\$56.000
Aceite POE SL32	4L	\$80.000	\$80.000
Aceite mineral 3GS	4L	\$48.000	\$48.000
Costo total			\$520.000

Fuente: Elaboración propia.

Los costos presentados son valores referenciales a través de investigación de mercado online chileno del año 2025. Para obtener estos valores se consultaron al menos dos fuentes de venta online por ítem, verificando que los precios correspondan a productos nuevos y de calidad industrial. Finalmente se estimó un promedio entre el precio mayor y el menor, obteniendo así el precio unitario de cada ítem.

3.3.1.4. Software de mantenimiento y gestión de activos

Aramark cuenta con licencia del Software CMMS Fractal, sin embargo, para el área de mantenimiento de Aramark Codelco Andina, no está implementado. Por ello que se requiere, para la implementación de este CMMS: habilitación de usuarios, parametrización (configuración del sistema) y capacitación específica. Por lo tanto, los costos asociados son los siguientes:

Tabla 3- 4. Costos asociados a software para implementar Fractal.

Descripción	Actividades incluidas	Horas (h)	Costo/h (\$)	Costo (\$)
Parametrización	Configuración de activos, planes y checklist en plataforma. Habilitar usuarios.	189	\$14.000	\$2.646.000
Capacitación	Formación en el uso del software.	24	\$14.000	\$336.000
TOTAL				\$2.982.000

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3-4 muestra los costos asociados a la implementación de software Fractal, donde las 189 horas (un mes) de trabajo para el desarrollo de la parametrización tiene un costo de \$2.646.000, "*La implementación de un CMMS requiere entre 160 y 200 horas de configuración y parametrización inicial, dependiendo de la complejidad del inventario de activos*" (Crespo Márquez, 2007). Las 24 horas de capacitación se dividen en 12 horas por capacitación para cada turno, dando un costo de \$336.000. Finalmente resultando en una inversión total de **\$2.982.000**.

3.3.1.5. Resumen de inversión total de implementación

Una vez desarrollados los cuatro puntos anteriores sobre los costos de implementación, se desarrolla la inversión total requerida para poner en marcha el sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado. La inversión total que se debe realizar es de carácter único y se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3- 5. Inversión total de implementación.

Ítem	Costo Total \$	% del total
Desarrollo de documentación	\$1.120.000	21,12
Capacitación del personal	\$682.000	12,85
Stock mínimo inicial de repuestos	\$520.000	9,8
Implementación Fracttal	\$2.982.000	56,22
Inversión total	\$5.304.000	100,00

Fuente: Elaboración propia a base del cálculo obtenidos

En síntesis, la inversión total de implementación asciende a un costo de \$5.304.000, la cual está distribuida en cuatro componentes. Partiendo por la inversión del desarrollo de documentación que corresponde a un 21,12% del costo total, el cual incluye la estructuración y estandarización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo desde cero. Luego se tiene el costo de capacitación del personal, con un 12,85%, siendo fundamental para la correcta adopción del sistema por parte del equipo técnico. Posteriormente, se tiene el stock inicial de repuestos para garantizar la disponibilidad de los equipos críticos, con el 9,8%. Finalmente, el costo de mayor participación corresponde a la implementación del CMMS Fracttal con un 56,22% del costo total de implementación.

3.3.2. Estimación de ahorros operativos

Para estimar los ahorros que generaría el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo se analizan cuatro componentes principales del costo de mantenimiento reactivo actual que tiene la empresa. Es importante señalar que los datos usados para la base de cálculo corresponden a información real obtenida en terreno, como las cotizaciones reales de la empresa HomCor, el presupuesto de los fungibles asignados por Aramark y las liquidaciones de sueldo reales de los técnicos frigoristas. Además, el factor de reducción que se aplica es de un 30%, el cual está dentro de los rangos del 20% al 40% reportado por Wireman (2005) y Moubray (2004) para implementaciones de mantenimiento preventivo en industrias similares.

Los componentes analizados son los siguientes:

- Reducción de compras urgentes.
- Reducción de costos de fungibles.
- Reducción de horas extras por emergencias.
- Pérdida operativa.

3.3.2.1. Reducción de costos en compras urgentes

Este punto se basa en un análisis de cotizaciones reales del área de refrigeración y climatización para los años 2024 y 2025. Estas cotizaciones son de emergencias y reactivas, realizadas por la empresa HomCor Calor Frío.

La muestra consistió en 10 cotizaciones representativas para los años 2024 y 2025. En la Tabla 3-6 se muestran las cotizaciones con sus respectivos precios:

Tabla 3- 6. Cotizaciones HomCor Calor Frío2024-2025

Item	Empresa	Fecha	Precio
1	HomCor	ene-24	\$193.039
2	HomCor	feb-24	\$1.440.406
3	HomCor	feb-24	\$2.700.911
4	HomCor	feb-25	\$297.500
5	HomCor	feb-25	\$349.413
6	HomCor	mar-25	\$3.084.480
7	HomCor	mar-25	\$248.579
8	HomCor	abr-25	\$120.655
9	HomCor	nov-25	\$399.938
10	HomCor	nov-25	\$1.072.599
Precio Total			\$9.907.520

Fuente: Elaboración propia a base de análisis de cotizaciones reales hechas por la empresa HomCor Calor Frío.

Tras el análisis del historial de cotizaciones 2024-2025, se muestra que Aramark destinó \$9.907.520 para reparaciones de emergencia en el período indicado. Con este dato se puede obtener el gasto anual de la empresa a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Gasto anual promedio} = \$\frac{9.907.520}{2 \text{ años}} = \$4.953.760$$

Del cálculo anterior se obtiene que Aramark gasta aproximadamente **\$4.953.760 anualmente** en trabajos correctivos.

Con base en estos resultados, y considerando que un sistema de mantenimiento preventivo bien implementado, según estudios modernos, puede reducir los costos entre un 20% y un 40% (Arroyo & Obando, 2022; Wireman, 2005).

En este caso se estima un porcentaje conservador del 30% de reducción de costos reactivos.

$$\text{Ahorro anual} = \$4.953.760 \times 0,3 = \$1.486.128$$

Por lo tanto, el ahorro anual en los costos por emergencia es de **\$1.486.128**. A continuación, se muestra en la Tabla 3-7 el resumen del cálculo detallado del ahorro.

Tabla 3- 7. Cálculo detallado del ahorro.

Ítem	Descripción	Valor
Total de cotizaciones de emergencia	Sumatoria de cotizaciones	\$9.907.520
Periodo de análisis	Datos de 2024-2025	24 meses (2 años)
Gasto anual	\$9907520 / 2años	\$4.953.760
Factor de ahorro estimado	Rango de ahorro 20% a 40%	30%
Ahorro anual	\$4.953.760 x 0,3%	\$1.486.128

Fuente: Elaboración propia.

El factor de reducción se justifica según La implementación de un plan de mantenimiento preventivo genera reducciones de costos operativos de entre un 20% y un 40% respecto al mantenimiento correctivo, dependiendo del tipo de industria y estado inicial de los activos (Wireman, 2005; Moubray, 2004).

3.3.2.2. Reducción de costos de fungibles

Los costos de fungibles están asociados a los insumos que se usan constantemente y deben reponerse con frecuencia. En este caso, Aramark dispone de un presupuesto de aproximado de \$ 72.000.000 anuales para todas las áreas de mantención. Por lo tanto, dado que el departamento cuenta con seis áreas de mantención, se estima un presupuesto promedio de aproximadamente \$12.000.000 para cada área. En la Figura 3-2 se muestra el presupuesto de los fungibles de noviembre del 2025, con diferentes proveedores.

CUADRO COMPARATIVO FUNGIBLES NOVIEMBRE					
NUMERO COT	V/COTIZACION	TOTAL BELSO	TOTAL FAENA EXPRESS	TOTAL F.ANTOFAGASTA	OBSERVACIONES
32067	\$ 791.534				
32069	\$ 241.576				
32084	\$ 1.902.819	\$ 6.588.557			
32088	\$ 935.294				
32115	\$ 2.717.334				
5112020754	\$ 1.692.050				
5112020755	\$ 1.473.000				
5112020756	\$ 1.265.800		\$ 5.326.500		
5112020757	\$ 227.750				
5112020758	\$ 667.900				
292220	\$ 1.832.667				
292222	\$ 1.100.139				
292223	\$ 1.341.554			\$ 6.866.382	
292225	\$ 1.015.634				
292226	\$ 182.783				

Fuente: **Marcela Paz Cabezas Z.** | Aramark | Jefe Operaciones | Vicepresidencia Minería y Sitios Remotos Sudamérica I Cartera Proyectos Andina I Avenida Costanera S/N. Saladillo, Los Andes, Chile.

Figura 3- 2. Cotizaciones fungibles noviembre 2025.

Al implementar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado se generarían ahorros en los fungibles mediante: la reducción del consumo por desgaste acelerado, la optimización del inventario y las compras y la disminución de intervenciones innecesarias. Para este ahorro se aplica un factor de reducción, al igual que en el punto pasado, de un 30%. El cálculo de ahorro anual es el siguiente:

Tabla 3- 8. Análisis de reducción de costos de fungibles.

Ítem	Descripción	Valor
Presupuesto actual	Presupuesto que Aramark asigna al área	\$12.000.000
Factor de reducción	Valor estimado entre 20% y 40%	30%
Ahorro anual	\$12.000.000 x 0.3	3.600.000

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra en la Tabla 3-8 que el ahorro anual del gasto en fungible será de **\$3.600.000.**

3.3.2.3. Reducción de costos de hora por emergencias

El mantenimiento reactivo que predomina actualmente en la empresa obliga al personal de refrigeración y climatización a realizar horas extras para atender fallas no planificadas. Como se ha mencionado, el sistema de trabajo de la empresa es por turnos rotativos. En este caso, se trabaja en dos turnos de 7x7, donde trabajan 2 técnicos y un supervisor por turno. Para el cálculo de las horas extras, se considera la totalidad del equipo, con un total de 6 integrantes (2 supervisores y 4 frigoristas).

Para determinar el costo de las horas extra, se analizaron las liquidaciones de sueldo reales del 2024 y 2025 de uno de los técnicos, tomadas como muestra representativa para cada uno de los integrantes, en la siguiente tabla se muestran los costos de horas extras.

Tabla 3- 9. Costos de horas extras 2024-2025 de un técnico frigorista.

Mes	Año	
	2024	2025
ENERO	\$ 169.390	\$ 14.703
FEBRERO	-	-
MARZO	-	\$ 161.733
ABRIL	-	-
MAYO	\$ 88.000	\$ 142.915
JUNIO	-	-
JULIO	-	-
AGOSTO	\$ 57.912	-
SEPTIEMBRE	-	-
OCTUBRE	\$ 72.128	-
NOVIEMBRE	-	-
DICIEMBRE	-	-
Total	\$ 387.430	\$319351

Fuente: Elaboración propia a base obtenida en terreno.

De la Tabla 3-9 se obtiene que en el año 2024 hubo un costo de \$387.430 y en el 2025 fue de \$319.351. Al tener estos resultados, y mediante las siguientes ecuaciones, se calcula un promedio de costos de hora extras anual para el área de refrigeración. El cálculo es el siguiente:

$$\text{Costo anual en horas extras} = \left(\frac{\$387.430 + \$319.351}{2 \text{ años}} \right) \times 6 \text{ personas}$$

$$\text{Costo anual en horas extras} = \$2.120.343/\text{año}$$

Con el costo anual de horas extras del área de refrigeración, es posible calcular el ahorro estimado, mediante el factor del 30% determinado anteriormente.

$$\text{Reducción de costo hora extras} = \$2.120.343 \times 0.3$$

$$\text{Reducción de costo hora extras} = \$636.103/\text{año}$$

En resumen, la reducción de costos de horas extras, con el diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, se estima aproximadamente de **\$636.103**.

3.3.2.4. Riesgo operativo

El mantenimiento reactivo que posee la empresa no solo genera costos directos, sino que también genera riesgos operativos. Este riesgo se presenta en el caso de que se produzca una falla en un equipo crítico, como la cámara de congelados, ya que almacena productos con un valor aproximado de \$28.000.000 (Figura 3-3).

INFORMES - POSICIÓN DEL STOCK DE MATERIALES				
Categoría: MAT-CARNES				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
VAHAL	MAT-VACUNO ALBONDIGA	82,0000	KG	745,387,20
VAHHA-M	MAT-VACUNO HAMBURGUESA MINI	46,7200	KG	231,399,22
VAHHA-S	MAT-VACUNO HAMBURGUESA STANDARD	36,5400	KG	191,735,60
VARJU	MAT-VACUNO JULIANA	198,0000	KG	1,781,399,79
VARMDP%	MAT-VACUNO MOLIDO TARTARO (<4%MG)	141,0000	KG	1,208,519,87
VARPRCH-PX	MAT-VACUNO POSTA ROSADA CHURRASCO	190,0000	KG	1,681,397,20
VASGUPR	MAT-VACUNO SUBPRODUCTO QUATAS PROCESADO	50,0000	KG	530,735,10
VASHI	MAT-VACUNO SUBPRODUCTO HIGADO	80,9900	KG	484,875,07
Categoría: MAT-AVES				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
POOPENSH	MAT-PAVO PECHUGA SIN HUESO	150,0000	KG	1,833,795,00
POOFILPEC	MAT-POLLO COCIDO FILETILLO PECHUGA	20,0000	KG	211,220,00
POOPECCUB	MAT-POLLO COCIDO PECHUGA CUBO	1,6000	KG	16,081,20
POOTRE	MAT-POLLO COCIDO TRUTRO ENTERO	59,9000	KG	306,723,36
PORCUA	MAT-POLLO CUARTO	85,3000	KG	423,425,20
POHESCAPA	MAT-POLLO ESCALOPE APANADO	10,0000	KG	69,690,00
PORFIL	MAT-POLLO FILETILLO PECHUGA	197,4200	KG	1,476,581,86
PORMDP	MAT-POLLO MEDIA PECHUGA	369,1000	KG	2,812,865,37
POHREB-S	MAT-POLLO REBOZADO STANDARD	26,7600	KG	194,136,94
PORTRECH	MAT-POLLO TRUTRO ENTERO CON HUESO	678,7000	KG	3,067,521,52
PORTRLCH	MAT-POLLO TRUTRO LARGO CON HUESO	24,0000	KG	84,192,00
Categoría: MAT-PESCADOS, MARISCOS Y CRUSTACEOS				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
PMCCAEDS-CB	MAT-CAMARON ECUATORIANO DESVENADO SIN CAPARAZON CALIBRADO	1,0000	KG	10,533,00
PMCMRSPM	MAT-MARISCO BURTIÑO PREMIUM	30,0000	KG	157,176,94
PESCODFI	MAT-PESCADO CONGRIO DORADO FILETE	30,0000	KG	567,030,00
PESMERFI	MAT-PESCADO MERLUZA FILETE	25,0000	KG	173,314,42
PESREFI	MAT-PESCADO REINETA FILETE	5,0000	KG	46,912,30
PESSALFAHLM	MAT-PESCADO SALMON FILETE AHUMADO LAMINADO	0,5000	KG	16,808,00
Categoría: MAT-HELADOS Y HIELO				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
HAZUPN	MAT-HELADO AGUA FINA	172,0000	LT	370,897,04
HICRTRISABO	MAT-HELADO CREMA TRISABOR	313,2000	LT	752,091,81
HPOCHAVAN	MAT-HELADO POSTRE CHARLOTTE CLASICO VANILLA	96,0000	LT	260,060,00
Categoría: MAT-FRUTAS				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
FCODURBL	MAT-FRUTA CONG DURAZNO BLICE	112,0000	KG	398,736,00
FCOFRU	MAT-FRUTA CONG FRUTILLA	40,0000	KG	151,320,00
FFRMA	MAT-FRUTA CONG MACEDONIA NATURAL	20,0000	KG	70,830,00
Categoría: MAT-VERDURAS				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
VCOMRV	MAT-VERDURA CONG ARVEJA	40,0000	KG	199,813,79
VCOBRO	MAT-VERDURA CONG BROCOLI	32,0000	KG	182,638,00
VCOCHA	MAT-VERDURA CONG CHAMPIGNON	28,0000	KG	71,919,20
VCOCHOGRAN	MAT-VERDURA CONG CHOCCLO GRANO	34,0000	KG	129,023,79
VCOCHOMOL	MAT-VERDURA CONG CHOCCLO MOLIDO	7,0000	KG	21,441,00
VCOCOL	MAT-VERDURA CONG COFLOR	54,0000	KG	131,027,20
VCOENJAR	MAT-VERDURA CONG ENSALADA JARDINERA	46,0000	KG	118,144,90
VCOENSPRI	MAT-VERDURA CONG ENSALADA PRIMAVERA	99,0000	KG	194,620,98
VCOENSRUS	MAT-VERDURA CONG ENSALADA RUSA	21,0000	KG	65,326,20
VCOEPA	MAT-VERDURA CONG ESPINACADO	3,0000	KG	5,475,00
VCOESP	MAT-VERDURA CONG ESPINACA	24,0000	KG	67,991,20
VCOENAB	MAT-VERDURA CONG HABIA	32,0000	KG	86,866,00
VCOMPI	MAT-VERDURA CONG MIX PIMENTONES	20,0000	KG	56,869,40
VCOMPD	MAT-VERDURA CONG PAPA DUESA	2,5000	KG	7,830,00
VCOMPR	MAT-VERDURA CONG PAPA PREFRITA	65,0000	KG	198,009,60
VCOMRJCUB	MAT-VERDURA CONG PIMIENTO ROJO CUBO	41,0000	KG	102,971,36
VCOMRVEDCAM	MAT-VERDURA CONG POROTO VERDE CORTE	37,0000	KG	88,946,60
VCOMRVEDCFR	MAT-VERDURA CONG POROTOS VERDE CORTE	40,0000	KG	99,879,60
VCOMALCHS	MAT-VERDURA CONG SALTADO CHIPSUI	22,0000	KG	63,263,00
Categoría: MAT-CERDO				
Material	Descripción	Cantidad	Un	Valor Total
CECHCEPOR	MAT-CERDO CHULETA CENTRO PORCIONADA	32,4000	KG	211,201,02
CEBRR	MAT-CERDO CHURRASCO	171,5000	KG	1,290,023,67
CERCBBR	MAT-CERDO COSTELA BABY BACK RIBS	431,4000	KG	3,306,476,87
CERLC	MAT-CERDO LOMO CENTRO	69,6900	KG	719,972,78
CERPRSH	MAT-CERDO PULPA PIERNA SIN HUESO	130,4400	KG	775,773,50
TOTAL				528.304.332

Fuente: Recopilación de información en terreno.

Figura 3- 3. Valor en stock de productos de cámara de congelados.

La estrategia que utiliza Aramark ante una falla de la cámara de congelados es actuar de manera reactiva trasladando la mercadería a cámaras alternativas. Esta dependencia de la disponibilidad de espacio genera un riesgo alto, ya que al fallar estas simultáneamente o no contar con la capacidad suficiente, puede provocar una pérdida total o parcial de la mercadería, generando un impacto financiero para Aramark.

Por lo tanto, si bien este componente no genera ahorros cuantificables directamente, el sistema de gestión de mantenimiento preventivo propuesto actúa como una herramienta de mitigación de este posible riesgo, al reducir la probabilidad de fallas significativas en los equipos críticos.

3.3.2.5. Resumen de costos/ahorros operativos

A continuación, se realiza una tabla con el resumen de los costos y ahorros estimados. Los valores reflejan la aplicación de un criterio conservador de reducción del 30% sobre los costos operativos que tiene el área de refrigeración y climatización.

Tabla 3- 10. Resumen de costos operativos actuales y ahorros anuales proyectados.

Ítem	Costo/anual	Factor de reducción	Ahorro/anual
Compras emergentes	\$4.953.760	30%	\$1.486.128
Fungibles	\$12.000.000	30%	\$3.600.000
Horas extras	\$2.120.343	30%	\$636.103
Pérdida operativa	Mitigación de Riesgo (\$28.000.000)		
TOTAL	\$19.074.103		\$5.722.231

Fuente: Elaboración propia.

El costo reactivo anual es de \$19.074.103, mientras que el ahorro estimado para este costo es de \$5.722.231 anual. Respecto a la pérdida operativa, esta no genera un ahorro cuantificable, sino que representa la importancia de mitigar el riesgo de pérdida del valor del inventario de la cámara de congelados.

3.3.3. Indicadores de viabilidad financiera

Para evaluar económicamente la viabilidad del sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado, se utilizan indicadores financieros estándar, los cuales permiten cuantificar el retorno de la inversión y compararlos con criterios de decisión empresariales.

En este trabajo de título, como se trata de un proyecto de mejora con una inversión inicial moderada, los mayores beneficios se obtienen con la reducción de costos operativos. Por ello que los indicadores utilizados para este caso son el payback, el ROI y el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), los cuales son complementados con un análisis de sensibilidad.

El payback indica cuánto tiempo tarda un proyecto en recuperar la inversión inicial. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro anual}} \times 12$$

El ROI o retorno de la inversión, es un indicador financiero que mide la rentabilidad generada por una inversión. Mide el beneficio económico que se obtiene en relación con la inversión inicial del proyecto. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{ROI (\%)} = \left(\frac{\text{Ahorro anual} - \text{Costo del proyecto}}{\text{Inversión inicial}} \right) \times 100$$

3.3.3.1. Cálculo de Payback

Este indicador constituye una herramienta clave en la evaluación económica. Para su correcta evaluación, es necesario interpretar los rangos de tiempo establecidos. Estudios señalan que un payback igual o inferior a 2 años se considera aceptable, mientras que valores superiores a 3 años suelen ser no recomendables (Wireman, 2005; Mobley, 2002). La siguiente tabla muestra los rangos y su interpretación:

Tabla 3- 11. Rangos de evaluación del Payback.

Payback	Evaluación de proyecto
Menor o igual a 1 año	Altamente recomendable
Mayor a 1 año y menor o igual a 2 años	Aceptable
Mayor a 2 años y menor o igual a 3 años	Aceptable, pero con observaciones
Mayor a 3 años	No recomendado

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del payback para este el sistema de gestión del plan de mantenimiento preventivo es el siguiente:

$$\text{Payback} = \left(\frac{\$5.304.000}{\$5.722.231} \right) \times 12$$

$$\text{Payback} = 11,12 = 11 \text{ meses aproximado}$$

Por lo tanto, con base en los ahorros proyectados, se estima que la recuperación de la inversión se lograría en 11 meses, es decir, en menos de un año. Este resultado, según la Tabla 3-11, se clasifica como proyecto altamente recomendable, esto es posible en caso de que los ahorros estimados se materialicen según lo proyectado.

3.3.3.2. Cálculo de ROI

El ROI es un indicador financiero que mide el retorno generado por una inversión en relación con su costo. El criterio de decisión establece que un ROI positivo indica rentabilidad, mientras que un ROI negativo indica pérdida (Brealey, Myers & Allen, 2020). A continuación, se calcula el ROI del proyecto.

$$\text{ROI} = \left(\frac{\$5.722.231 - \$ 5.304.000}{\$5.304.000} \right) \times 100 = 7,8\%$$

Finalmente, el ROI del sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado en este trabajo, es de **7,8% el primer año**, lo cual indica que el proyecto es económicamente viable, al generar beneficios superiores a su costo, los criterios de evaluación del ROI son los siguientes:

- ROI > 0, la inversión genera valor y es rentable.
- ROI = 0, existe punto de equilibrio, no hay pérdidas ni ganancias.
- ROI < 0, la inversión no está generando suficiente retorno.

Para justificar la viabilidad financiera de este resultado, el ROI se compara con el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC). El WACC representa la tasa mínima de rentabilidad exigida por una empresa para cubrir el costo de sus fuentes de financiamiento, el cual se utiliza como referencia para determinar si un proyecto es económicamente viable (Brealey, Myers & Allen, 2020). En este caso el WACC promedio utilizado es del 8,5% de acuerdo al Cost of Capital Study 2025 de KPMG, documento técnico que recopila parámetros de costo de capital de empresas de diversos sectores (KPMG, 2025).

Si bien el valor obtenido del ROI es levemente inferior al WACC referencial de 8,5%, esto se explica porque en el primer año aún se está absorbiendo el costo de la inversión inicial. Por lo tanto, este resultado no indica la inviabilidad del proyecto, sino que refleja que la rentabilidad se consolida desde el segundo año, lo cual es característico en los proyectos de mantenimiento preventivo, ya que buscan principalmente, la reducción de costos correctivos, mejora de disponibilidad de activos y disminución de riesgo operacional.

A partir del segundo año, ya recuperada la inversión inicial, el ROI proyectado asciende a un 107,88%, lo cual equivale a un beneficio anual de \$5.722.231 CLP, todo esto bajo el supuesto de que los ahorros proyectados se materialicen según lo calculado.

3.3.3.3. Cálculo VAN

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que permite evaluar la rentabilidad de un proyecto determinando si este es viable o no económicamente. Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor por sobre el costo del capital invertido (Brealey, Myers & Allen, 2020).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

I_0 : Inversión inicial (va en negativo porque es dinero que sale)

F_t : Flujo de caja en el año t .

k : Tasa de descuento (el costo del capital o la rentabilidad mínima exigida)

n : Número de periodos

Interpretación:

$VAN > 0$: El proyecto es rentable (genera valor)

$VAN < 0$: El proyecto no es rentable (destruye valor)

$VAN = 0$: El proyecto es indiferente (ni gana ni pierde)

Ahora bien, sustituyendo valores en la ecuación se calcula el VAN a 2.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -5.304.000 + \frac{5722231}{(1+0.085)^1} + \frac{5752231}{(1+0.085)^2}$$

$$VAN = \$ - 5.304.000 + \$5.273.945 + \$4.860.779 = \$4.830.725$$

Sustituyendo los valores en la ecuación y utilizando como tasa de descuento el WACC, se calcula el VAN para un horizonte de dos años, lo cual corresponde a la duración que tiene el contrato de Aramark con Codelco División Andina.

El resultado del VAN es \$4.830.725 siendo este un valor positivo, lo que indica que el proyecto bajo las condiciones establecidas, genera un valor económico real por sobre el costo del capital invertido.

3.3.3.4. Cálculo del TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se refiere a la tasa de interés que hace que el VAN sea cero, y se utiliza como criterio para la evaluación de la viabilidad económica de un proyecto. A partir de esto, se establece que si la TIR es mayor que la tasa de descuento K , el proyecto es aceptable (Brealey, Myers & Allen, 2020). Por lo tanto, se interpreta lo siguiente:

$TIR > K$: El proyecto es aceptable

$TIR < K$: El proyecto no es aceptable

La ecuación es la siguiente:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t}$$

CF_t : Flujo de caja en un periodo t .

I_0 : Inversión inicial.

TIR: Tasa interna de retorno.

t : Periodo de tiempo.

n: Número total de periodos.

Al reemplazar los datos en la ecuación para tener el resultado del TIR se obtiene lo siguiente:

$$0 = -5.304.000 + \frac{5.722.231}{(1 + TIR)^1} + \frac{5.722.231}{(1 + TIR)^2}$$

Dado que esta ecuación no tiene una solución algebraica, se aplica una interpolación lineal con una tasa de interés del 70% y con otra de 72%. Se toman estas tasas porque con una da un resultado positivo y con el otro uno negativo. El resultado de esta interpolación es el siguiente:

$$TIR = 70,98\%$$

Como la TIR obtenida es 70,98%, ampliamente mayor que el WACC referencial del 8,5%, se estima que, bajo los supuestos establecidos, el proyecto es económicamente viable dentro de un periodo de dos años.

3.3.3.5. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad evalúa la robustez financiera que tiene el trabajo ante diferentes variaciones en las variables más inciertas, como la inversión inicial y el ahorro anual estimado. El criterio de viabilidad se mantiene mientras el VAN sea positivo y la TIR supere el WACC de 8,5%.

Se evalúa en primera instancia el proyecto con diferentes porcentajes de ahorro respecto al escenario base y luego con variación de la inversión.

Tabla 3- 12. Situaciones con variación en el ahorro.

Variación	Ahorro	VAN	TIR
Pesimista -30%	\$4.005.562	\$1.790.307	32,50%
Moderado -15%	\$4.863.896	\$3.310.516	52%
Real 0%	\$5.722.231	\$4.830.725	70,98%
Optimista +15%	\$6.580.566	\$6.350.934	89,50%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3- 13. Situaciones con variación en la inversión.

Variación	Inversión	VAN	TIR
Menor -20%	\$4.243.200	\$5.891.525	101,70%
Igual 0%	\$5.304.000	\$4.830.725	70,98%
Moderado +20%	\$6.364.800	\$3.769.925	49,90%
Mayor +50%	\$7.956.000	\$2.178.725	28,10%

Fuente: Elaboración propia.

Se analizan dos escenarios: en el primer se expone a variaciones en el ahorro anual y en el segundo se varía la inversión inicial del proyecto. Se puede apreciar en las Tablas 3-12 y 3-13 los resultados de este análisis, los cuales indican que el sistema de gestión de mantenimiento preventivo, independiente de las variaciones que tenga, ya sea de inversión o ahorro, es financieramente robusto y viable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo tuvo como finalidad diseñar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en indicadores de desempeño y formatos de registros para los equipos del área de refrigeración y climatización de la empresa Aramark en Codelco División Andina, con el fin de transitar de un esquema de mantenimiento reactivo, caracterizado por la ausencia de un sistema formalizado, la carencia de documentación histórica, la inexistencia de indicadores de desempeño y una planificación ineficiente, hacia un mantenimiento preventivo basado en datos y evidencias.

Para el desarrollo de este trabajo se tomó como base el modelo genérico de gestión del mantenimiento (MGM) de Crespo Márquez (2007). Este modelo se basa en cuatro pilares importantes:

1. La eficacia.
2. La eficiencia.
3. La evaluación.
4. La mejora.

A partir de estos cuatro puntos se propuso un trabajo estructurado en tres ejes fundamentales que son:

1. Diagnóstico de la empresa: Se jerarquizaron los equipos mediante una matriz de criticidad y se analizaron los puntos débiles del sistema de mantenimiento actual.
2. Diseño del plan de mantenimiento: Se diseñó el plan de mantenimiento preventivo con los formatos y programación necesarios para posteriormente optimizar los recursos.
3. Viabilidad económica: Se analizó y evaluó económicamente el sistema diseñado para corroborar su factibilidad para la empresa.

A partir de este desarrollo se generaron las siguientes conclusiones:

1. Respecto al objetivo 1, se determinó que el estado actual del área de refrigeración y climatización de Aramark presenta deficiencias estructurales en su sistema de gestión de mantenimiento, caracterizado por la ausencia de un plan formalizado, falta de documentación histórica e inexistencia de indicadores de desempeño. Esta situación genera fallas frecuentes en los equipos y altos costos de mantenimiento reactivo, estimados en \$19.074.103 CLP anuales.
2. Respecto al objetivo 2, se diseñó un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en una estrategia de mantenimiento diferenciado según criticidad de los equipos, que incluye una matriz de criticidad semicuantitativa, formatos de registros

estandarizados, checklists por nivel de criticidad y una carta Gantt de planificación anual. Este sistema permite transitar de acciones simples de mantenimiento correctivo a una sólida gestión de un plan de mantenimiento basado en datos reales, trazabilidad y orientado a la prevención, sentando las bases para la futura generación de indicadores de desempeño y la mejora continua. Cabe destacar que los KPIs definidos, como el MTBF, MTTR y disponibilidad, no pueden calcularse de forma inmediata, ya que requiere al menos entre tres y seis meses de recopilación de datos reales. Sin embargo, el análisis de sensibilidad indica que hasta en un escenario pesimista con una reducción del 30% de los ahorros proyectados, el proyecto mantiene su viabilidad financiera, lo que indica que los efectos positivos de los KPIs se mantendrían sólidos ante variaciones del entorno.

- Respecto al objetivo 3, se determinó la viabilidad económica que tiene el proyecto considerando una inversión inicial estimada de \$5.304.000 CLP, la cual se recuperaría aproximadamente en 11 meses, debido a que se estima un ahorro anual de \$5.722.231 CLP, derivados principalmente de la reducción de compras de emergencia, la optimización de consumo de fungibles y la disminución de horas extras. Para corroborar la viabilidad, se calculó el retorno de la inversión (ROI), en un 7,8% en el primer año, el cual está cerca del WACC referencial estimado de 8,5%, lo que confirma la rentabilidad financiera del proyecto. Adicionalmente, se estima que el ROI al segundo año de implementación tendría un valor de 107,88% aproximadamente, lo que significa que, una vez recuperada la inversión inicial del primer año, desde el segundo año en adelante el sistema generaría una ganancia de \$5.722.231 CLP. Adicionalmente, el VAN se calculó en \$4.830.725 el cual es un valor positivo y determina que el proyecto es aceptable, adicionalmente $TIR = 70,98\% > K$ y el proyecto se admite como aceptable. Además, el análisis de sensibilidad indicó y confirmó que el proyecto mantiene su viabilidad en todos los escenarios evaluados, incluso ante una reducción del 30% en los ahorros o un incremento del 50% en la inversión, demostrando robustez financiera ante condiciones de incertidumbre.

Indicador	Valor	Criterio	Resultado
Payback	11 meses	≤ 12 meses	Viable
ROI año1	7.88%	$> 0\%$	Viable
ROI año2	107,88%	$> WACC (8,5\%)$	Viable
VAN	\$4.830725	> 0	Viable
TIR	70,98%	$> WACC (8,5\%)$	Viable

Se aprecia que con cada uno de los indicadores financieros el proyecto sería económicamente viable bajo los supuestos establecidos.

4. Respecto a la hipótesis, se corroboraron beneficios cuantificables que demuestran la factibilidad del sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado. Adicionalmente, el sistema actúa como un mecanismo de mitigación de riesgo, protegiendo un inventario valorado en \$28.000.000 CLP en la cámara de congelados ante fallas catastróficas de equipos críticos.
5. Respecto a las limitaciones del trabajo se tienen las siguientes:
 - La ausencia de datos históricos en Aramark al momento del desarrollo del estudio puede provocar que los valores proyectados puedan variar al momento de implementar el sistema.
 - El tiempo que se estima para el desarrollo del trabajo es en un periodo de dos años, en caso de que Aramark termine su relación con CODELCO en menos del tiempo indicado, los beneficios proyectados no se materializarán completamente.
 - Los indicadores de desempeño (KPIs) no se pueden calcular de manera inmediata, requieren al menos entre 3 y 6 meses para recopilar datos reales y calcular los indicadores.
6. Respecto a los riesgos de implementación se identifican los siguientes:
 - La no renovación del contrato de Aramark con Codelco División Andina.
 - La rotación del personal en turnos 7x7, esto se refiere que al trabajar por turno rotativo de 7x7 es probable que la transferencia de información entre los turnos sea dificultosa arriesgando la continuidad de la aplicación de los registros.
 - Que los técnicos al estar acostumbrados a trabajar en forma reactiva tengan resistencia a iniciar el nuevo procedimiento de trabajo y llenados de registros, lo cual afectaría el cumplimiento del plan preventivo propuesto.
 - La no habilitación del CMMS para el área de mantenimiento de Aramark en Codelco División Andina, lo que provocaría aumento en los costos de implementación y la realización de un nuevo análisis económico para la verificación de la viabilidad del sistema propuesto.

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones estratégicas basadas en los resultados del estudio, para que el sistema de gestión de mantenimiento preventivo diseñado genere los ahorros y la confiabilidad proyectada:

1. Priorizar inmediatamente la compra de stock inicial de repuestos identificado en el análisis, para evitar paradas prolongadas por falta de materiales.
2. Realizar el programa de capacitación para todo el personal técnico y supervisores, para asegurar la correcta aplicación de los nuevos formatos de registros.

3. Establecer una persona única por turno responsable del seguimiento del sistema de mantenimiento preventivo y su implementación.
4. Revisiones periódicas de los registros y de los indicadores de desempeño para que, con estos datos, se puedan tomar decisiones correctivas y preventivas basadas en información real. También revisar el cumplimiento del desarrollo del diseño implementado.
5. Desarrollar, más adelante, un listado de repuestos para tener un stock basado en el consumo real registrado durante los primeros meses de la implementación del diseño.
6. Fortalecer la relación entre el departamento de compras con el área de mantención, para planificar las compras con anticipación optimizando costos.
7. Extender el sistema de gestión de mantenimiento preventivo para las diferentes áreas que tiene el departamento de mantención.
8. Evaluar anualmente la eficiencia del sistema mediante una auditoría interna para comparar lo establecido con lo real.

En síntesis, estas recomendaciones tienen como propósito orientar la implementación del diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para alcanzar los beneficios proyectados.

BIBLIOGRAFÍA

Amendola, L. (2006). *Modelos mixtos de confiabilidad*. Editorial Datastream.

Aramark. (2026). *Compromiso con la excelencia*. <https://www.aramark.cl>

Arroyo Vaca, C. S., & Obando, R. F. (2022). *Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos*. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec>

Blanchard, B. S. (2004). *Logistics engineering and management* (6.^a ed.). Pearson Prentice Hall.

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). *Principles of corporate finance* (13.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Casa Frío. (2025). *Catálogo de insumos de refrigeración*. <https://tienda.casafrio.cl>

Codelco. (2026). *Codelco en números*. <https://www.codelco.com>

Crespo Márquez, A. (2007). *The maintenance management framework: Models and methods for complex systems maintenance*. Springer.

Fractal. (2023, 21 de diciembre). *ROI de un CMMS: Qué es y cómo justificar la inversión*. <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/roi-cmms-mantenimiento>

Fractal. (2026). *La potencia de la IA al servicio del mantenimiento*. <https://www.fractal.com/es/>

Frigolan. (2026). *25 years of experience*. <https://frigolan.com/en/home/>

Frioline. (s. f.). *Aceite 3GS* [Página de producto]. <https://frioline.cl/producto/aceite-3gs/>

García Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.

Ishikawa, K. (1986). *Guide to quality control*. Asian Productivity Organization.

KPMG AG. (2025). *Cost of capital study 2025*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/ch/pdf/cost-of-capital-study-2025.pdf>

MasterArco. (2025). *Filtros secadores para refrigeración*. <https://www.masterarco.cl>

Mete, M. R. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: Su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio*, 7(7), 67–85.

Ministerio de Educación de Chile. (2025). *Buscador de estadísticas por carrera*. MiFuturo.cl. <https://www.mifuturo.cl/buscador-de-estadisticas-por-carrera/>

Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2.^a ed.). Butterworth-Heinemann.

Moubray, J. (2004). *Reliability-centred maintenance* (2.^a ed.). Industrial Press.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive maintenance*. Productivity Press.

Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2015). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos: Desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión del mantenimiento*. Editorial Ingeman.

Refricool. (2025). *Filtro secador 163 3/8"*. <https://refricool.cl>

Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Wireman, T. (2005). *Benchmarking best practices in maintenance management*. Industrial Press.