

Universidad Nacional de Córdoba



**Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales**

Escuela de Ingeniería Industrial



**Equipamiento en Industria
gastronómica: Análisis y propuesta de
mantenimiento en cámaras frigoríficas.**

Autor: BLARDONE, FRANCO LUIS



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales

Escuela de Ingeniería Industrial



Equipamiento en Industria
gastronómica: Análisis y propuesta de
mantenimiento en cámaras frigoríficas.

Autor

BLARDONE, FRANCO LUIS

DNI: 37853447

Tutora

CORVERA, PATRICIA

Agradecimientos

Vayan estos especiales agradecimientos a:

La comunidad de la Universidad Nacional de Córdoba y de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por permitirme formarme en un entorno de excelencia académica y calidez humana.

A mi madre por su amor infinito. A mi padre por ser mi soporte y guía en este proyecto y en mi vida.

A mis amistades que me apoyaron incondicionalmente a lo largo de cada etapa de este camino.

A Patricia Corvera y la empresa, por permitirme desempeñar estas tareas en su organización.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo proponer y desarrollar la planificación del Mantenimiento para cámaras de frigoríficas, compuestas por cámaras de refrigeración y de congelación y sus respectivos equipos de frío, en una empresa gastronómica de la Ciudad de Córdoba, Argentina.

Se busca demostrar que los esfuerzos de mantenimiento tienen su justificación tanto en la operatividad de los procesos, como en la gestión en la que intervienen aspectos económicos y estratégicos de la organización. La principal premisa que se persigue y que se estudia es que los esfuerzos de mantenimiento menores planteados en este plan, conllevan la inversión de una cantidad reducida de recursos los cuales deben ser debidamente gestionados y administrados para cumplir el objetivo de brindar sostenibilidad operativa a los procesos.

En este trabajo se comienza analizando el estado actual de los equipos y de los procesos de mantenimiento efectivos en los mismos, mediante distintos análisis de relevancia de los equipos y elementos. Se analizan las criticidades de los equipos de forma de proveer una base metodológica sobre la cual dirigir los objetivos y criterios definidos para establecer dicho plan. Habiendo introducido las necesidades teóricas-prácticas de este plan, se realiza un análisis económico para contextualizar los esfuerzos que significa el plan propuesto en el marco de la gestión de una organización.

Para finalizar este proyecto se esboza una conclusión personal-profesional con un breve análisis de lo planteado a lo largo del mismo.

Abstract

The objective of this project is to propose and develop the Maintenance planning for cold rooms, composed of refrigeration and freezing chambers and their respective cold equipment, in a gastronomic company in the City of Córdoba, Argentina.

It seeks to demonstrate that maintenance efforts are justified both in the operability of the processes, and in the management in which economic and strategic aspects of the organization intervene. The main premise that is pursued and studied is that the minor maintenance efforts proposed in this plan entail the investment of a reduced amount of resources which must be properly managed and administered to meet the objective of providing operational sustainability to the processes.

This work begins by analyzing the current state of the equipment and the effective maintenance processes in them, through different analyzes of the relevance of the equipment and elements. The criticalities of the equipment are analyzed in order to provide a methodological basis on which to direct the objectives and criteria defined to establish said plan. Having introduced the theoretical-practical needs of this plan, an economic analysis is carried out to contextualize the efforts that the proposed plan means in the framework of the management of an organization.

To end this project, a personal-professional conclusion is outlined with a brief analysis of what has been proposed throughout it.

Índice de contenidos

Capítulo I - Introducción, contexto y justificación de la elección del tema	1
1.1 <i>Introducción</i>	2
1.2 <i>Contexto de la empresa - Rodel SA.</i>	4
1.3 <i>Proceso productivo de la empresa</i>	2
1.4 <i>Análisis FODA</i>	4
1.5 <i>Justificación de la elección del tema</i>	5
Capítulo II - Objetivo y metodología	6
2.1 <i>Objetivo del proyecto</i>	7
2.2 <i>Metodología y alcance</i>	7
Capítulo III - Marco conceptual	9
3.1 <i>Marco conceptual</i>	10
3.1.1 <i>Definición de mantenimiento</i>	10
3.1.2 <i>Introducción a los conceptos de mantenimiento</i>	10
3.1.3 <i>Conceptos asociados al mantenimiento</i>	11
3.1.4 <i>Indicadores de mantenimiento</i>	12
3.1.4 <i>Desafíos de la gestión del mantenimiento</i>	13
3.1.5 <i>Tipos de mantenimiento</i>	13
3.1.6 <i>Definición de un plan de mantenimiento</i>	15
3.1.7 <i>Ciclo de trabajo de mantenimiento</i>	17
3.2 <i>Sistemas frigoríficos</i>	18
3.2.1 <i>Introducción</i>	18
3.3 <i>Conceptos fundamentales de la conservación de alimentos</i>	18
3.3.1 <i>Refrigeración</i>	18
3.3.2 <i>Congelación</i>	19
3.3.3 <i>Tipo de instalaciones frigoríficas industriales</i>	20
3.4 <i>Análisis funcional y elementos constituyentes de un sistema frigorífico</i>	21
3.4.1 <i>Constitución física</i>	21
3.4.2 <i>Análisis del circuito frigorífico</i>	22
3.4.3 <i>Ciclo frigorífico de compresión</i>	23
3.5 <i>Circuito de refrigerante</i>	25
3.5.1 <i>Compresor</i>	25
3.5.2 <i>Condensador</i>	27
3.5.3 <i>Válvula de expansión</i>	27
3.5.4 <i>Válvula de expansión termostática</i>	29
3.5.5 <i>Evaporador</i>	29
3.5.6 <i>Recipiente de líquido</i>	30
3.5.7 <i>Elementos complementarios</i>	30
3.6 <i>Equilibrio del circuito frigorífico</i>	33
3.7 <i>Refrigerantes</i>	34
3.7.1 <i>Identificación de los refrigerantes</i>	34

3.8 Variables críticas de un proceso de refrigeración	35
Capítulo IV - Desarrollo	37
4.1 Introducción	38
4.2 Propuesta de sistema de mantenimiento planificado.....	38
4.3 Análisis situacional.....	42
4.3.1 Contexto productivo	42
4.3.2 Relevamiento inicial de los equipos.....	43
4.3.3 Análisis y evaluación de equipos:	49
4.3.4 Proceso de diagnóstico	51
4.3.3 Listado de equipos y sistemas funcionales:	52
4.3.4 Criticidad de equipos	53
4.3.5 Fallos funcionales, técnicos y modos de fallos	56
4.3.6 Definición de tareas del plan	58
4.3.7 Programación del mantenimiento: tareas y frecuencias	63
4.3.8 Plan de seguimiento	71
4.3.9 Indicadores para el seguimiento del desempeño del mantenimiento - KPI.....	73
4.4 Estudio económico de implementación del plan de mantenimiento	76
4.4.1 Mantenimiento actual vs. Mantenimiento planificado	76
4.4.2 Costo Anual Aproximado en Intervenciones (CAAI)	77
4.4.3 Costo estimado del plan propuesto.....	79
Capítulo V – Conclusión	85
Referencia de imágenes.....	87
Referencia de tablas	88
Anexos.....	90
Bibliografía	108

Capítulo I - Introducción, contexto y justificación de la elección del tema

1.1 Introducción

La alimentación constituye un derecho fundamental de todas las personas, es por esto que la producción de alimentos se encuentra regulado por distintos organismos encargados de asegurar a la población la ingesta de productos en condiciones seguras. En el caso de Argentina, las actividades de elaboración, transformación, transporte, distribución y comercialización vienen regidas por el Código Alimentario Argentino (CAA), que es la norma fundamental del Sistema Nacional de Control de Alimentos. A lo largo del tiempo y mediante diversos avances técnicos y tecnológicos, la producción industrial y el almacenamiento de alimentos fue facilitándose a medida que fueron desarrollándose nuevas herramientas y procedimientos para la conservación de los mismos en condiciones óptimas a lo largo de los procesos de transformación.

En la actualidad, las técnicas más difundidas para la conservación de alimentos perecederos consisten en la aplicación de bajas temperaturas por determinada cantidad de tiempo para mantener y resguardar las características aptas para su consumo. Los alimentos perecederos son aquellos que comienzan su descomposición de forma sencilla donde influyen agentes como la temperatura, la humedad o la presión y necesitan ciertas condiciones de tratamiento, conservación y manipulación para evitar que sean atacados por la principal causa de deterioro: la presencia de diferentes tipos de microorganismos.

En este proyecto nos referiremos particularmente a los procedimientos en los cuales se emplea el frío industrial y al papel que desempeñan los equipos de refrigeración y congelación en una empresa productora y proveedora de alimentos.

En la industria alimentaria, la cadena de frío es fundamental ya que una interrupción en la misma se traducirá en algún perjuicio en la salud de sus consumidores o en grandes pérdidas de productos. Debido a esto las organizaciones productivas modernas encuentran sostenibilidad operativa dada por el mantenimiento de equipos, un factor sumamente importante que debe ser gestionado eficientemente para el funcionamiento adecuado de los procesos productivos, económicos y financieros.

Según la Norma ISO 14224¹, el mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluyendo acciones de supervisión, encaminadas a mantener una parte en funciones o restaurar cierta parte en un estado en el cual pueda ejecutar las funciones requeridas. Estas acciones requieren la combinación de destrezas técnicas y de gestión correspondientes. Dentro de estas definiremos lo que nombraremos a lo largo del desarrollo de este proyecto como sistema de mantenimiento. Es a través de este que se puede evidenciar distintas ineficiencias y pérdidas en los procesos de mantenimiento, por lo que es necesario contar con un sistema que permita disminuirlas y eliminarlas para mantener la operatividad y seguridad productiva. A su vez, al hablar de equipos de frío, nos referimos al frío industrial, el cual podemos definirlo como la actividad tecnológica

¹ Norma que trata diversos aspectos generales para la realización de labores de mantenimiento para equipos e instalaciones en industrias de petróleo, gas natural y petroquímica.

encargada de diseñar, construir, implementar y mantener máquinas frigoríficas y sus instalaciones. Dentro de estas máquinas frigoríficas se pueden diferenciar aquellas de refrigeración, que cuya función es guardar y almacenar productos hasta los 0° C; y las de congelación, que almacenan los mismos a temperaturas inferiores a los 0° C dependiendo de las necesidades de almacenamiento de producto.

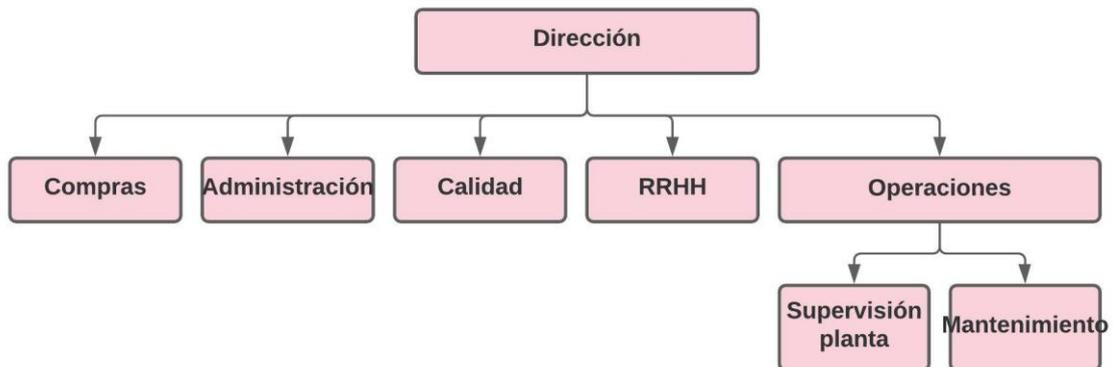
Este estudio se desarrolló en el marco industrial de una empresa gastronómica en donde, primeramente, se realizó un relevamiento in situ de los equipos a estudiar, a partir del cual derivó un análisis de éstos y se describió su estado para luego, sobre bases fundadas, elaborar una planificación del mantenimiento acorde a la situación relevada. Para comprender y enmarcar las tareas realizadas, se articulará lo relevado con conceptos teóricos pertinentes en un marco conceptual. En este se expondrán nociones de mantenimiento industrial y de sistemas frigoríficos que sirvan como guía para el posterior desarrollo. A lo largo de este serán expuestos los resultados de los relevamientos, el estado actual de los activos, los objetivos y criterios definidos para establecer el plan de mantenimiento y las bases para su implementación con un breve análisis económico situacional y las conclusiones obtenidas a lo largo de todo el proceso.

1.2 Contexto de la empresa - Rodel SA.



En el presente proyecto se trabajó en conjunto con la empresa de servicios gastronómicos Rodel S.A. la cual se caracteriza por ser una empresa de catering institucional que brinda servicios a sectores tanto públicos como privados. Se trabajó específicamente en su planta productiva situada en un barrio industrial de la Ciudad de Córdoba, Argentina. Como empresa gastronómica, mantienen una estricta relación con las normas vigentes de calidad e inocuidad de los alimentos, siendo parte central de sus políticas empresariales.

La organización de la empresa se presenta como una estructura simple, donde las diversas áreas reciben en forma directa la supervisión por parte de la dirección general.



Su gestión estratégica se establece de acuerdo a los siguientes lineamientos:



MISIÓN

Prestar un servicio de racionamiento que combine la salud y el bienestar; garantizando la seguridad alimentaria y el cumplimiento de los principios de calidad e inocuidad.



VISIÓN

Posicionarnos como empresa líder dentro del rubro “servicio integral de racionamiento en cocido a la boca”, obteniendo la fidelidad de nuestros clientes por la excelencia de los productos y servicios ofrecidos y ser reconocidos por la calidad humana y profesional de nuestra gente.



VALORES

Actitud de Servicio con nuestros clientes. Austeridad en el manejo de los recursos. Sensibilidad con el entorno. Innovación en los procesos.

Imagen 3 - Capítulo I -Misión, visión y valores

Los servicios que proveen abarcan la elaboración y distribución de comida en cocido. La planta de elaboración cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo la Norma ISO 9001-2015 y la inocuidad de los alimentos, con Normas de Buenas Prácticas de Manufactura BPM 14201:2007. A su vez, el 95% de la materia prima es provista con los debidos certificados de aptitud por los proveedores son locales.

- Zonas de elaboración de comida
- Cámaras frigoríficas / congelamiento
- Zonas de lavado
- Zonas de expedición, carga/descarga
- Zonas de pre elaboración

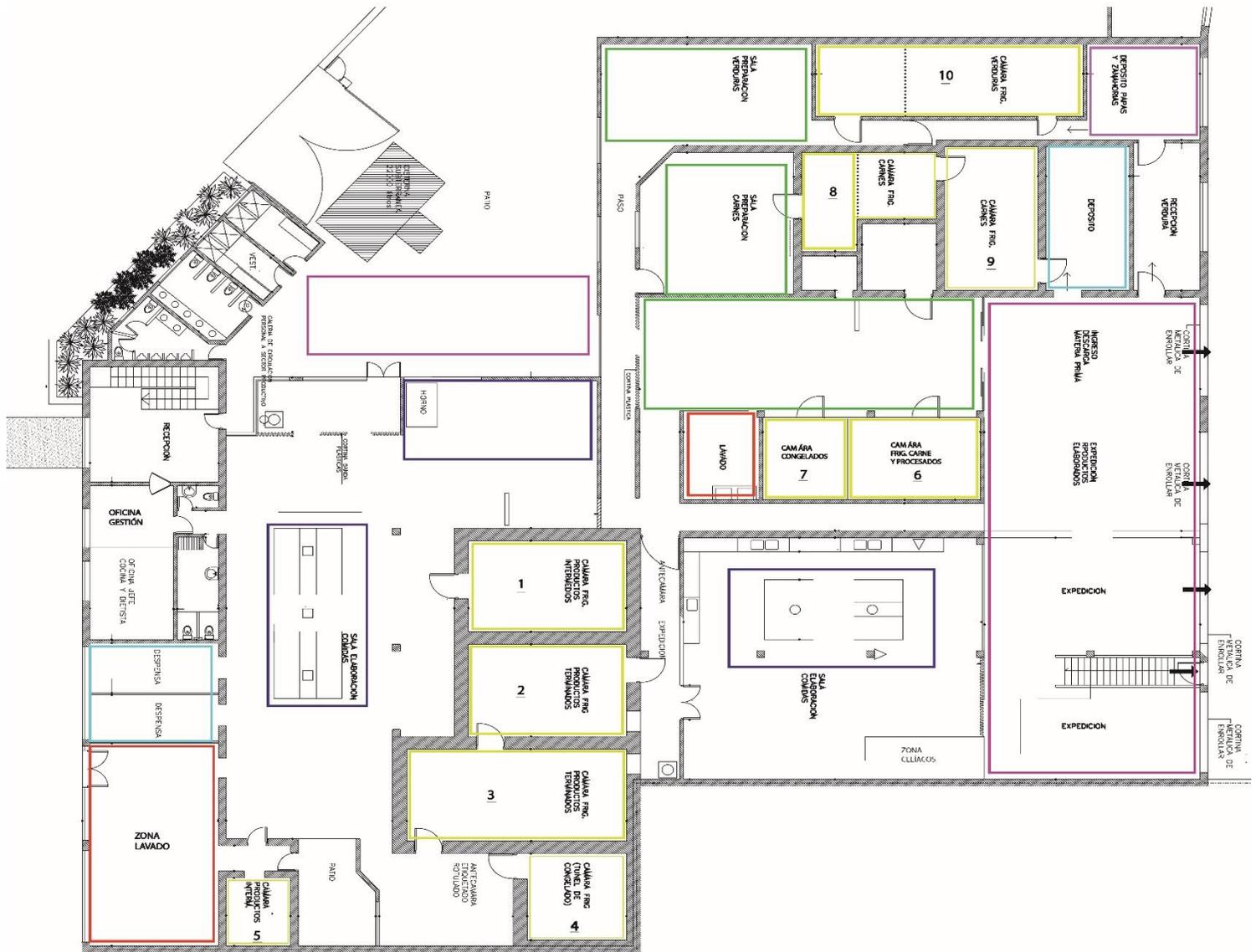


Imagen 4 - Capítulo I – Layout

1.3 Proceso productivo de la empresa

Como se mencionó anteriormente, la empresa se dedica a la elaboración y distribución de comida en cocido. El alcance de este trabajo abarcará la etapa de elaboración y su relación con el almacenamiento de productos, ya que en esta intervienen los equipos que se estudiarán.

El producto elaborado consiste en diversos menús producidos diariamente de acuerdo a recetas específicas para que cumplan con requisitos definidos por el cliente. El proceso de abastecimiento y almacenamiento de materias primas para la producción se realiza de acuerdo a la planificación realizada por el área de operaciones de acuerdo a las necesidades productivas.

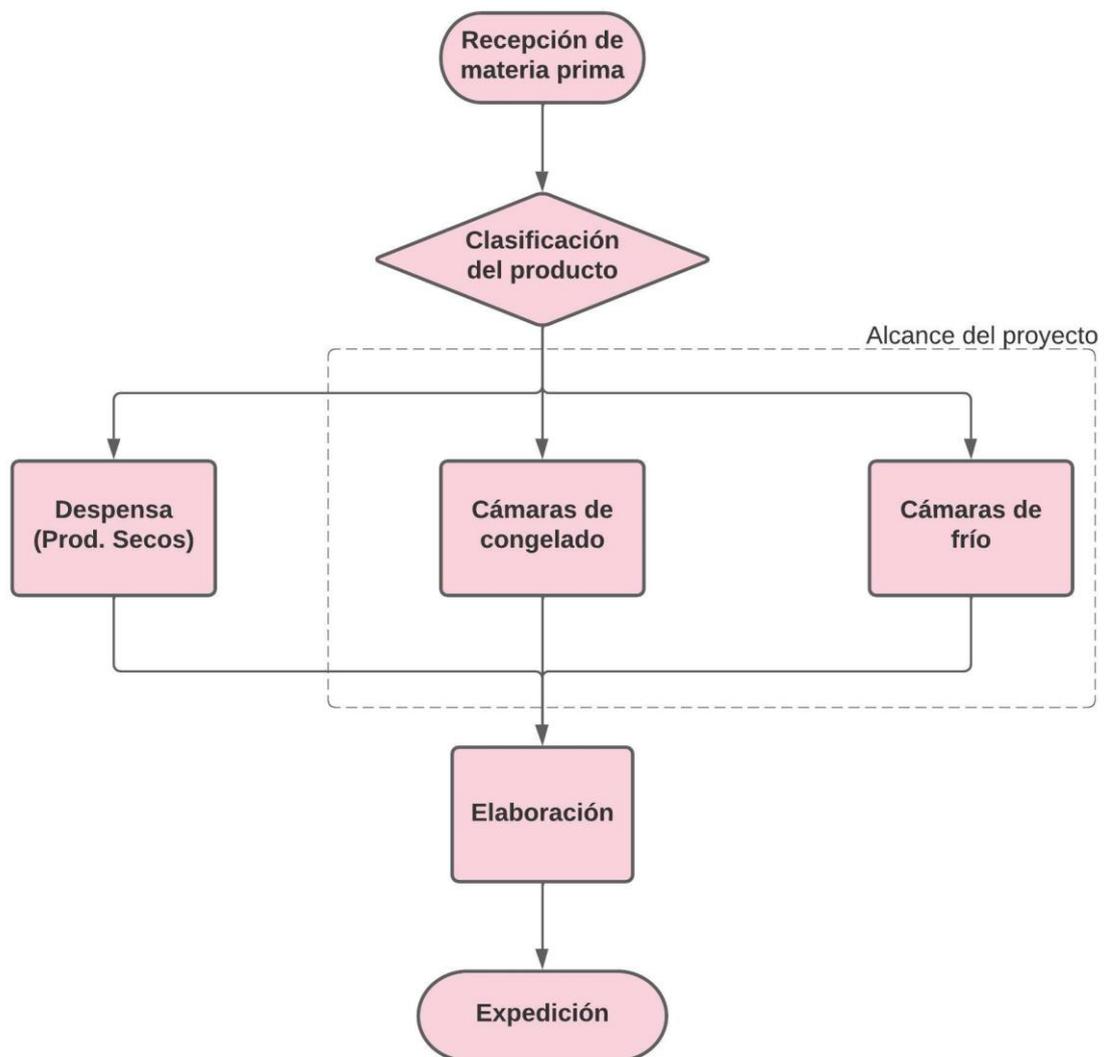


Imagen 5 - Capítulo I - Proceso de recepción y clasificación materias primas

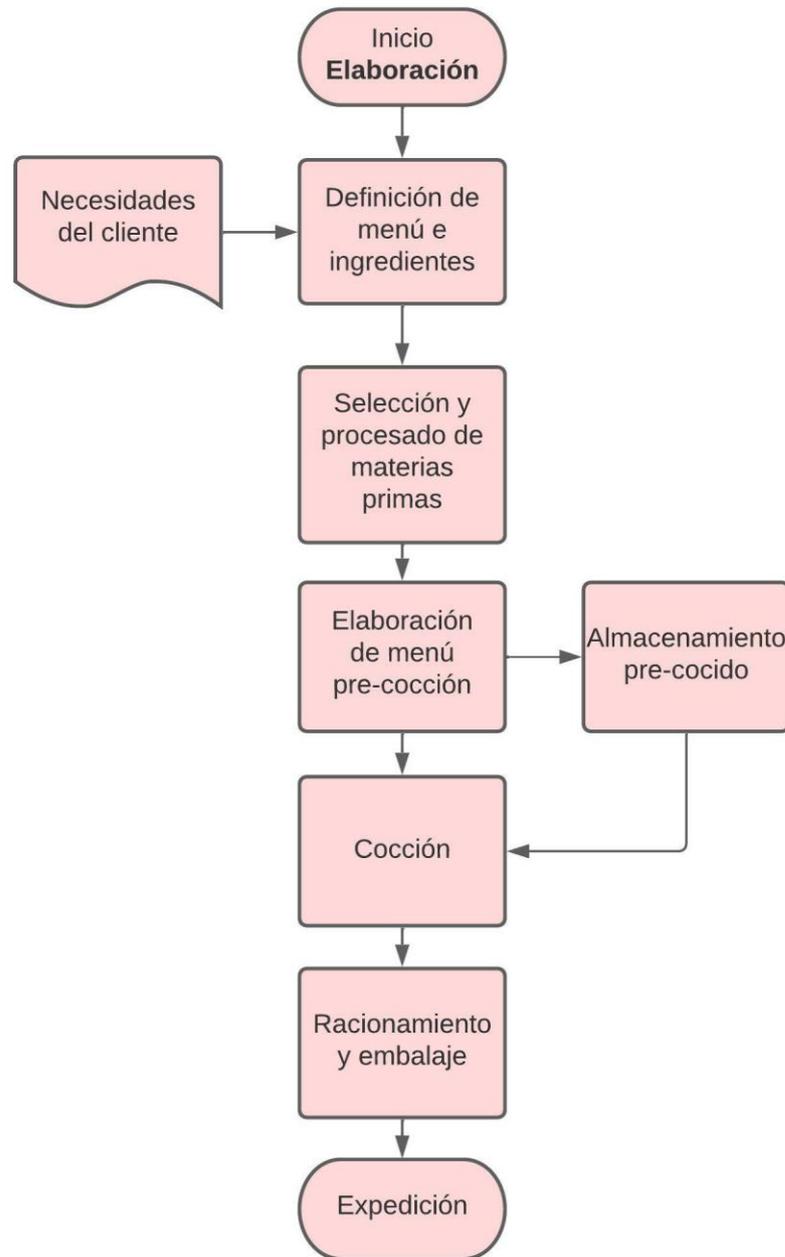


Imagen 6 - Capítulo I - Proceso de elaboración

Este proceso es realizado diariamente según el menú requerido, el cual variará los los métodos utilizados para realizar el mismo. Aquí varía el uso de materias primas, el tipo de cocción, la utilización de pre-elaborados, entre otros. Una de las variaciones de este proceso, es la posibilidad de almacenar productos con cierto grado de transformación, haciendo uso de los métodos adecuados para su conservación y logrando tener disponible el producto en un futuro. En casos como estos, es sumamente importante un correcto almacenamiento de los mismos para que puedan conservar tanto las propiedades nutricionales como organolépticas². El resultado del

² Color, sabor, olor y textura.

proceso productivo es una ración que será embalada y enviada a través de un transporte especial hacia el punto donde será consumido.

1.4 Análisis FODA

Según lo mencionado anteriormente y surgido de discusiones sobre las necesidades actuales de la compañía, el alcance de este proyecto engloba el desarrollo y profundización de la planificación del mantenimiento de las cámaras frigoríficas y de congelamiento instaladas en la planta.

Por esto, para contextualizar la situación actual del mantenimiento de estos activos, se realizó un análisis FODA de los mismos, mostrando como influyen estos en los procesos productivos de la empresa. Se puede decir que cuenta con activos de gran confiabilidad. Estos responden adecuadamente en el momento en que se necesitan pudiendo operar correctamente a lo largo del tiempo, lo que habla de una característica positiva de los mismos.



Imagen 7 - Capítulo I - FODA

1.5 Justificación de la elección del tema

La elección del tema surge de la oportunidad de desarrollar conceptos estudiados durante la carrera de grado referidos a los conceptos de gestión, planificación y, en este caso, relacionados al mantenimiento de equipos. Estas actividades forman parte de una gran rama contempladas en las incumbencias del Ingeniero Industrial que justifican su desarrollo.

La necesidad de conservar las materias primas que alimentan el proceso productivo en condiciones controladas de refrigeración, hace que sea vital que la gestión y planificación en los procesos de mantenimiento esté asegurada y se facilite su ejecución continuamente.

Adicionalmente, la naturaleza de la materia prima utilizada en el proceso es en gran parte perecedera por tratarse de alimentos, por lo que la gestión y la planificación de la producción referida a este punto en particular representa un gran desafío. Es por esto que, actualmente la planta se encuentra equipada con 8 cámaras de refrigeración y 2 cámaras de congelado dedicadas a dar soporte a su producción. Estas son utilizadas para el almacenamiento de materias primas, productos semi procesados y productos terminados.

Sobre estos equipos actualmente se realizan mantenimientos de tipo correctivo mientras que el mantenimiento preventivo no se encuentra debidamente ejecutado. El relevamiento de información y de parámetros de control junto a la vigilancia de los equipos es realizada por el personal de la planta del área de operaciones y de calidad. La vigilancia de estos parámetros asegura el correcto funcionamiento de los procesos de refrigeración y la correcta calidad en los productos finales. Sin embargo, dada la complejidad y el grado de especialización que se requiere en algunas tareas de mantenimiento, estas son realizadas por servicios externos contratados, los cuales realizan las intervenciones y las registran en las fichas de los equipos.

Teniendo en cuenta que los equipos de frío son bienes de gran importancia para el proceso productivo y para la empresa, se plantea y se refuerza la importancia de mantenerlos operativos y en condiciones de forma que estos sean capaces de responder adecuadamente cuando se lo precise.

También cabe agregar que, dada las fluctuaciones en los niveles de producción de la planta originadas por externalidades en la demanda de sus clientes debido al COVID 19, es de especial interés llevar un control minucioso de los equipos de forma de evitar paros imprevistos y de lograr una buena capacidad de respuesta.

Capítulo II - Objetivo y metodología

2.1 Objetivo del proyecto

En base a la justificación mencionada anteriormente, se propone desarrollar la planificación del mantenimiento de los equipos para sentar las bases de buenas prácticas a aplicarse en entornos productivos.

Esta servirá de fundamento para promover una herramienta eficiente en la gestión de los equipos que permita dar sostenibilidad operativa a este equipamiento. Se buscará proveer las bases metodológicas de una adecuada planificación y gestión del mantenimiento.

Esta planificación buscará apoyar y alimentar el proceso de mantenimiento actual optimizando el uso de recursos técnicos y económicos, proveyendo las bases para el desarrollo de herramientas accesibles para el monitoreo del estado de los activos y facilitando la vigilancia de parámetros de funcionamiento de los equipos.

Para el logro del objetivo, se seguirá una serie de pasos como guía del desarrollo de la investigación y de las tareas desempeñadas. Estas serán actividades procedimentales que harán al progreso del presente trabajo.

2.2 Metodología y alcance

Este estudio se fundamenta en una investigación de campo dentro del contexto actual de la empresa, en donde los hechos ocurren de manera natural y mediante un análisis descriptivo se procede realizar un estudio de forma explicativa. Sobre esta base, posteriormente se formularán propuestas y conclusiones fundamentadas en los conceptos teóricos expuestos y en el desarrollo de los conceptos a lo largo del avance del proyecto. A partir de las observaciones realizadas surge este análisis con el fin de proponer herramientas de gestión que favorezcan el desempeño del proceso de mantenimiento de los mismos.

Se centró el estudio y desarrollo en las cámaras frigoríficas, equipamiento destinado al almacenamiento de alimentos dentro del proceso productivo de la empresa. Estos activos son de gran valor, tanto operativo, por ser funcionales para el desenvolvimiento de sus operaciones diarias, como económico, por representar bienes valiosos. De esta forma, se limitó al estudio de los activos mencionados y de las prácticas de mantenimiento de los mismos, y se procuró que los posteriores desarrollos sirvan para profundizar en planes de mantenimiento que fomenten el cuidado y la sostenibilidad operativa de éstos. El estudio se enfocó en el proceso de formulación de un plan de mantenimiento buscando mantener el valor y el correcto funcionamiento de los mismos.

Para llegar a los objetivos planteados se seguirán las siguientes actividades que una vez logradas, conducirán paso a paso al logro del objetivo general planteado. Estas son:

1. Realizar un relevamiento de los equipos, realizando un listado de su estado actual y características técnicas, las intervenciones registradas, su ubicación física en la planta y las funciones que cumplen.
2. Analizar la información recolectada, la cual será contrastada con información técnica teórica para sentar las bases sobre las cuales se desarrollará la propuesta del plan de mantenimiento.
3. Planificar y proponer el mantenimiento para los equipos, fundamentado en la información recolectada y analizada previamente.
4. Estudiar la viabilidad económica de las tareas definidas en el plan mediante análisis de costos.
5. Elaborar conclusiones sobre lo planteado, considerando la factibilidad de lo propuesto.

Capítulo III - Marco conceptual

3.1 Marco conceptual

En este apartado se desarrollarán los conceptos teóricos específicos que servirán para encuadrar el estudio. Se hará foco en los conceptos que guiarán el desarrollo del proyecto en el alcance y dirección planteadas originalmente. Este capítulo también proveerá referencia sobre la cual se analizarán los posteriores resultados obtenidos y conclusiones elaboradas.

3.1.1 Definición de mantenimiento

Conjunto de acciones técnicas, administrativas y de management durante el ciclo de vida de un activo, destinadas a conservarlo o restaurarlo para que cumpla con las funciones requeridas.

(NORMA AFNOR FD X 60-000)

3.1.2 Introducción a los conceptos de mantenimiento

La idea general del mantenimiento está cambiando. Estos cambios se dan debido a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento también está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se contienen los costos.

Estos cambios están poniendo a prueba al límite las actitudes y conocimientos del personal en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento tiene que adoptar nuevas formas de pensar y actuar. En cada uno de los niveles de su estructura organizativa debe aportar estrategias de mejoramiento, a partir del diagnóstico y análisis de las oportunidades para la optimización de recursos y la evaluación del impacto del mantenimiento, en sus cuatro áreas fundamentales: Capacidad de producción, Costos de manufactura, Seguridad industrial y Satisfacción de los clientes.

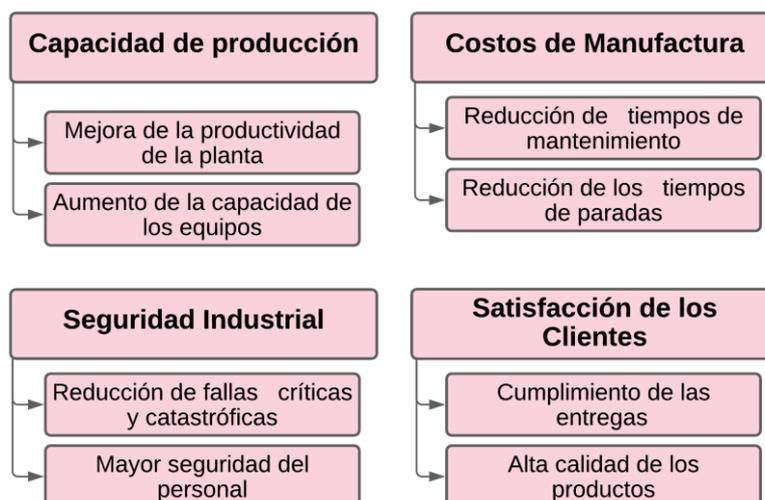


Imagen 8 - Capítulo III - Áreas fundamentales del mantenimiento

➤ Gestión Integral del Mantenimiento

Las áreas de mantenimiento de la industria moderna deben prepararse para un entorno dinámico, propio de una economía globalizada y de constante evolución tecnológica, adoptando esquemas flexibles que le permitan cambiar y evolucionar en todos los aspectos de la organización a fin de asegurar su viabilidad futura.

La Gestión Integral del Mantenimiento busca garantizarle al cliente interno y/o externo la disponibilidad de los activos fijos cuando lo requieran, durante el tiempo óptimo necesario para operar con las condiciones exigidas, para producir bienes o servicios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno, al menor costo posible y con los mayores índices de productividad, rentabilidad y competitividad.

El mantenimiento en la actualidad posee un rol destacado dentro de la confiabilidad operacional por su importante contribución a la seguridad, al medio ambiente, productividad y rentabilidad industrial, garantizando disponibilidad y confiabilidad de los activos.

3.1.3 Conceptos asociados al mantenimiento

Previamente se ha hecho mención de distintos conceptos referidos al mantenimiento de equipos y su normal funcionamiento. Es necesario definir estos términos que hacen referencia al rendimiento y al aprovechamiento de los mismos.

De acuerdo a las Normas ISO 14224 y AFNOR FD X 60-000 mencionada anteriormente:

➤ **Confiabilidad:**

La fiabilidad o confiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente, durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas.

➤ **Mantenibilidad:**

Es la aptitud en condiciones dadas de uso de un bien para ser mantenido o restablecido en un intervalo de tiempo dado, en un estado en el cual pueda cumplir una función requerida, cuando el mantenimiento es realizado en condiciones dadas, con los procedimientos y medios prescritos.

Es una característica inherente a un elemento o equipo, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria.

➤ **Disponibilidad:**

Es la aptitud de un bien para estar en condiciones de cumplir una función requerida en condiciones dadas, en un instante dado o durante un intervalo de tiempo dado, suponiendo que el aprovisionamiento de los medios exteriores necesarios esté asegurado.

3.1.4 Indicadores de mantenimiento

Al hablar de estos parámetros de los equipos, deberemos mencionar aquellos indicadores que permiten gestionar su desempeño. Estos indicadores surgen de análisis matemáticos y estadísticos y es necesario comprender sus conceptos. El uso y aplicación de estos para la gestión del mantenimiento, dependerá de cada organización y de los recursos disponibles para su registro, gestión e interpretación. Si bien no son los únicos, los indicadores de desempeño industrial más utilizados son:

➤ **Tiempo medio entre fallos (MTBF)**

En la práctica, la fiabilidad se mide como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallos consecutivos (*Mean Time Between Failures*). Este es el cociente entre el tiempo de funcionamiento sobre el número de fallas. Cuanto más elevado sea el MTBF, más fiable es el funcionamiento del equipo en cuestión, es decir que será menor su tiempo de inactividad.

➤ **Tiempo medio hasta la falla (MTTF)**

El tiempo medio hasta la falla (*Mean Time To Failure*), es otro de los parámetros utilizados y es un fuerte indicador de la eficacia en el funcionamiento del equipo. Este indicador representa el tiempo promedio que funcionará un equipo antes de fallar

➤ **Tiempo medio de reparación (MTTR)**

En la práctica, la tasa de reparación se puede medir a través de la media de los tiempos técnicos de reparación (*Mean Time To Repair*). Es un indicador de la gravedad de la falla y depende fundamentalmente del diseño del equipo.

3.1.4 Desafíos de la gestión del mantenimiento

El mantenimiento industrial debe planear, programar y controlar todas las actividades destinadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en los procesos de producción. Para esto se propone evitar, reducir, y reparar los fallos sobre los bienes, disminuir la gravedad de los fallos, evitar detenciones paros de máquinas y accidentes, evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas, conservar los bienes productivos en condiciones preestablecidas de operación, reducir los costos asociados a los activos, y completar o prolongar la vida útil de los bienes

Estos desafíos se encuentran enmarcados en la función que desarrolla el mantenimiento en las organizaciones. Se puede decir que este desarrolla una función económica y técnica, ya que a través de las actividades que conlleva es que se pueden cumplir los objetivos mencionados anteriormente. De aquí surge la necesidad de adaptarse a un presupuesto definido a la estructura de costos en la cual se encuentra inmerso, por lo que se evidencia la importancia de gestionar y planificar los recursos destinados a estos fines.

Dentro de esta planificación de los recursos, es que surgen distintos enfoques para la implementación del mantenimiento industrial, los cuales derivan en los distintos tipos de mantenimiento conocidos actualmente.

3.1.5 Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento en general están compuestos por mantenimientos periódicos, mantenimientos predictivos, mantenimiento a rotura y mantenimientos correctivos. Según la norma francesa de estandarización AFNOR X60-000, estos son:

➤ **Mantenimiento preventivo**

Mantenimiento que tiene por objeto reducir la probabilidad de falla o de degradación de un bien o de un servicio dado. Las actividades correspondientes se desencadenan según:

- Un registro de vencimientos establecido a partir de una cantidad predeterminada de unidades de uso;
- Criterios predeterminados significativos del estado de degradación del bien o del servicio.

❖ **Mantenimiento Sistemático o basado en el tiempo (TBM):**

Mantenimiento preventivo efectuado según un registro de vencimientos establecido a partir de una cantidad predeterminada de unidades de uso.

TBM es un método en el cual el ciclo de degradación del equipo es determinado de antemano, y cuando finaliza el ciclo se realiza la reparación.

❖ **Mantenimiento Condicional:**

Mantenimiento preventivo subordinado al franqueamiento de un umbral predeterminado significativo del estado de degradación del bien. El franqueamiento del umbral puede ser puesto en evidencia por la información dada por un captador o por todo otro medio.

❖ **Mantenimiento Predictivo o Previsional:**

Mantenimiento preventivo subordinado al análisis de la evolución vigilada de parámetros significativos de la degradación del bien, que permite retrasar y planificar las intervenciones.

En este tipo de mantenimiento, el ciclo de vida de las partes importantes es predicho mediante la inspección y diagnóstico y el objetivo de todos los esfuerzos se centra en utilizar las partes hasta el fin de su ciclo.

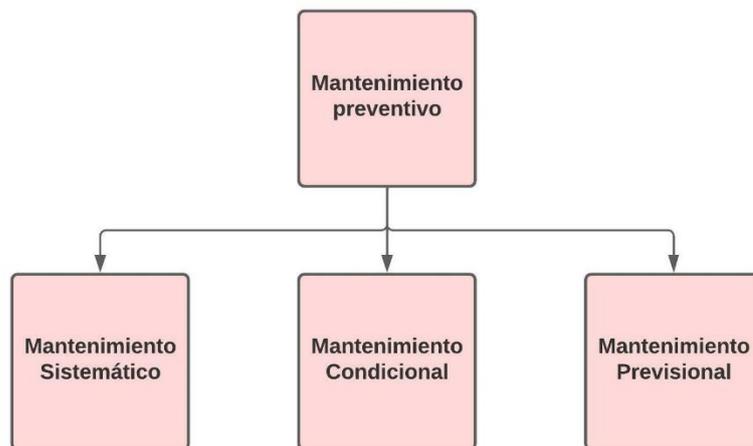


Imagen 9 - Capítulo III - Tipos de mantenimiento preventivo

➤ **Mantenimiento a la rotura o Correctivo:**

Conjunto de las actividades realizadas después del fallo de un bien, o la degradación de su función, para permitirle cumplir una función requerida, al menos provisoriamente. El mantenimiento correctivo comprende en particular:

- La localización del fallo y su diagnóstico
- La repuesta en estado con o sin modificación
- El control del buen funcionamiento

❖ **Mantenimiento Paliativo**

Actividades de mantenimiento correctivo destinadas a permitir a un bien de cumplir provisoriamente todo o parte de una función requerida. El mantenimiento paliativo está principalmente constituido de acciones de carácter provisorio que deberán ser seguidas de acciones curativas.

❖ Mantenimiento Curativo

Actividades de mantenimiento correctivo que tienen por objetivo restablecer un bien en un estado específico o de permitirle cumplir una función requerida.

El resultado de las actividades realizadas debe presentar un carácter permanente. Estas actividades pueden ser:

- Reparaciones
- Modificaciones o mejoramientos que tienen por objeto suprimir el o los fallos.

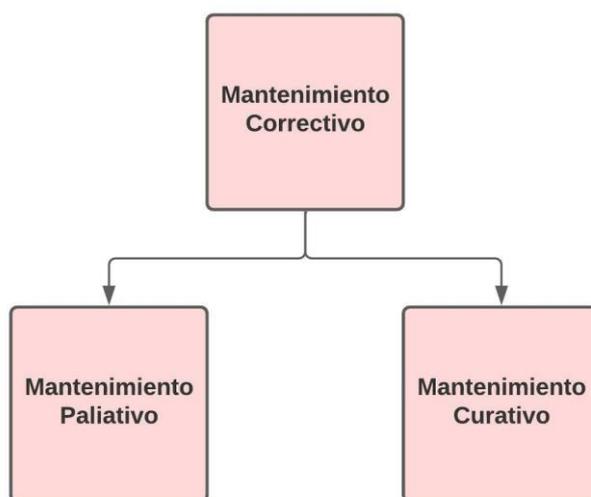


Imagen 10 - Capítulo III - Tipos de mantenimiento correctivo

3.1.6 Definición de un plan de mantenimiento

La condición básica para el desarrollo efectivo de las actividades de producción es el funcionamiento del equipamiento bajo condiciones de confiabilidad constantes, de forma que el mantenimiento representa actividades que eficientemente aseguran y mantienen dicha confiabilidad. Las actividades de mantenimiento pueden dividirse en actividades sistemáticas “basadas en un plan” y en actividades no sistemáticas que deben lidiar con fallas esporádicas. Si el mantenimiento planificado funciona eficientemente, el mantenimiento dedicado a tratar con las fallas esporádicas, puede reducirse.

De esta forma, la planificación es una función de gestión que tiene como objetivo lograr un equilibrio óptimo entre necesidades o demandas y recursos disponibles. Los procesos de planificación identifican las metas u objetivos a alcanzar, formula las estrategias para alcanzarlas, organiza o crea los medios requeridos establece marcos de medición del desempeño, así también determina los recursos necesarios. El planeamiento es la base del proceso de implementación y dirige todos los pasos en su propia secuencia.

Luego, la programación de mantenimiento es el proceso de asignación de recursos y personal para los trabajos que se estiman realizar acorde a la gestión estratégica y técnica de la organización. Para esto, es necesario asegurar que los trabajadores, las herramientas y materiales requeridos estén disponibles antes de poder programar las tareas de mantenimiento. El propósito del mantenimiento planificado es buscar lograr mejoras productivas de la empresa reduciendo el costo compuesto total del equipo propiamente dicho (costo inicial), costos de mantenimiento y costos por el deterioro del equipamiento a lo largo de su ciclo de vida completo (desde el diseño y fabricación hasta la operación y mantenimiento).

Resumidamente, el propósito del mantenimiento planificado se reduce a:

1. Maximizar la performance del equipamiento cuando sea requerido, con el mínimo costo.
2. Maximizar la productividad con los medios estrictamente necesarios.

Estos planes son diseñados para establecer una organización eficiente del mantenimiento. Como una actividad específica de medición, el uso del concepto de “disponibilidad” nos facilitará el entendimiento de estas productividades.

El plan de mantenimiento de una planta deberá elaborarse a partir de la selección de la mejor combinación de las políticas consideradas adecuadas a la situación actual, coordinándolas para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo. Idealmente, las acciones preventivas y correctivas de la planta deberían estar especificadas con cierto detalle por los fabricantes de los equipos involucrados.

La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la política de mantenimiento, hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento. De acuerdo a Kinjiro Nakano³ este consiste en determinar cinco puntos de importancia acerca de los equipos a mantener:

1. Qué equipo;
2. Qué parte del equipo;
3. Qué método de mantenimiento;
4. Redactar un procedimiento de mantenimiento estándar;
5. Realizar un mantenimiento sistemático.

Una vez establecido y planificado el mantenimiento, se debe realizar un seguimiento del mismo. Un método aceptado consiste en establecer indicadores para analizar la evolución de dicho plan y efectuar mejoras en el mismo si son necesarias. Estos indicadores deben medirse y poder explicarse en base a un diagrama de tiempos de funcionamiento de una instalación de producción.

El mantenimiento debe ser veloz para detectar las fallas para que estas, una vez detectadas, puedan ser reparadas de forma de que la instalación se encuentre en óptimas condiciones.

³ Kinjiro Nakano – Planned Maintenance

3.1.7 Ciclo de trabajo de mantenimiento

En base a la Norma ISO 9001 y características reales de las unidades de mantenimiento se puede establecer un diagrama reconocido como ciclo de trabajo de mantenimiento. De este modo, se distinguen claramente varios aspectos que deben ser considerados al momento de elaborar e implementar un modelo de gestión del mantenimiento.

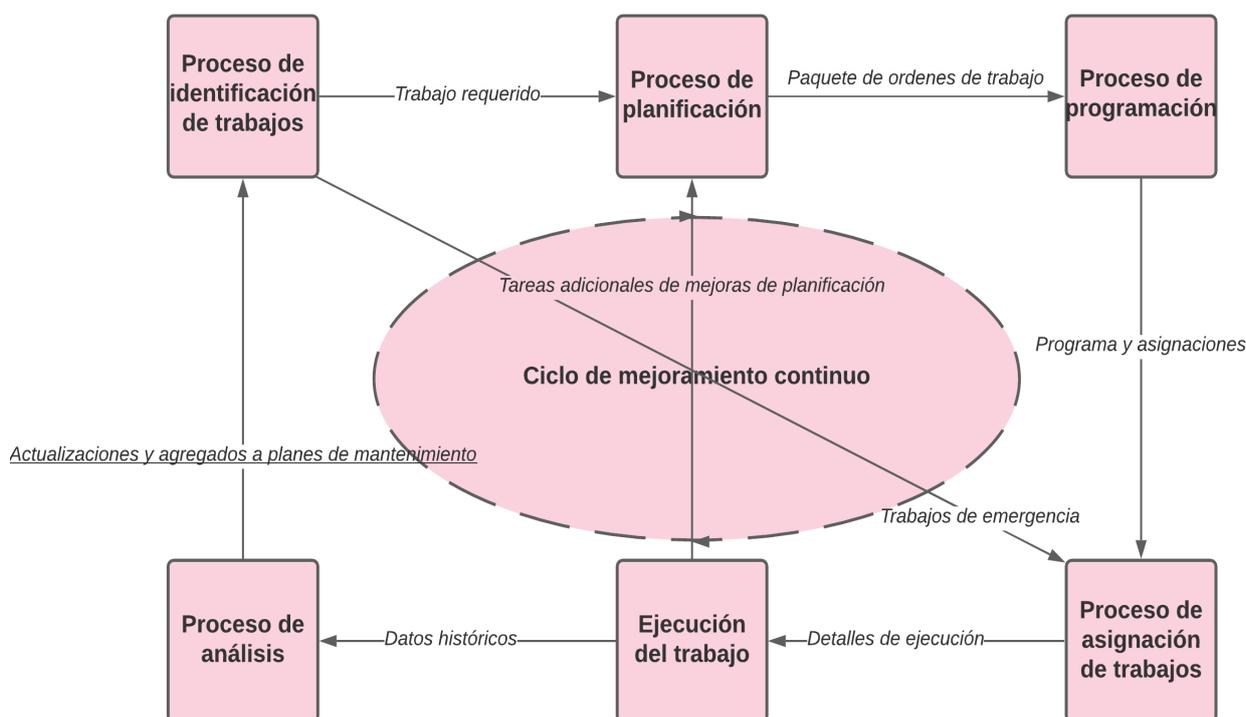


Imagen 11 - Capítulo III - Mantenimiento - Calidad

En la figura se presentan dos ciclos de trabajos representativos y necesarios en un modelo de gestión de mantenimiento. El primero, reconocido como el ciclo de trabajo, el cual explica la secuencia lógica del proceso operativo de las actividades de mantenimiento, las cuales son: *planificación, programación, asignación de tareas/trabajos y la ejecución correspondiente*. El segundo, definido como ciclo de Mejoramiento continuo, agrega al ciclo habitual dos nuevas actividades, el *proceso de análisis de lo ya ejecutado para la búsqueda respectiva de oportunidades de mejora y el proceso de identificación de tareas necesarias para implementar las mejoras definidas anteriormente*. Este es el vínculo que muestra la relación de los trabajos de mantenimiento con la calidad.

Evidentemente, dependiendo del nivel de emergencia con que se requiera implementar la mejora, existirá la posibilidad de hacer un salto directamente al proceso de asignación de trabajo. Además, para generar un modelo de mantenimiento robusto y eficaz se deben considerar factores relacionados con la disponibilidad de recursos y su respectiva gestión.

3.2 Sistemas frigoríficos

3.2.1 Introducción

Los alimentos son perecederos, por lo que necesitan ciertas condiciones de tratamiento, conservación y manipulación. Su principal causa de deterioro es el ataque por diferentes tipos de microorganismos como bacterias, levaduras y mohos, por lo que existen diversas técnicas para conservar estos productos, siendo el enfriamiento a temperaturas muy bajas una de las más usadas.

La conservación de alimentos frescos es una de las primeras aplicaciones del frío artificial. Pronto se conoció que las temperaturas por encima de 0° C solamente prolongan limitadamente la duración de muchos alimentos, por eso en 1860 se pasó a la congelación, como consecuencia del interés asociado con el comercio mundial de carne.

En este sentido, el mantener las condiciones óptimas de conservación y almacenamiento para cada alimento, durante el tiempo que dura, presupone la organización de la llamada “cadena de frío”, que abarca el transporte, almacenamiento y la venta al consumidor.

3.3 Conceptos fundamentales de la conservación de alimentos

3.3.1 Refrigeración

Las células de los alimentos se encuentran en un medio líquido y tienen líquido en su interior. Debe haber un equilibrio entre el exterior y el interior en relación con los elementos disueltos. Las membranas, al perder agua se encojen. El equilibrio es complicado cuando existe acción del frío. Los problemas de enfriamiento se dan en función de la congelación del agua como principal disolvente de sustancias minerales, hidratos de carbono o proteínas. Al enfriar debajo de 0°C, hay agua en estado sólido y en sobrefusión (líquida). Esta última disuelve a los elementos que escaparon de la solidificación, aumentando su concentración.

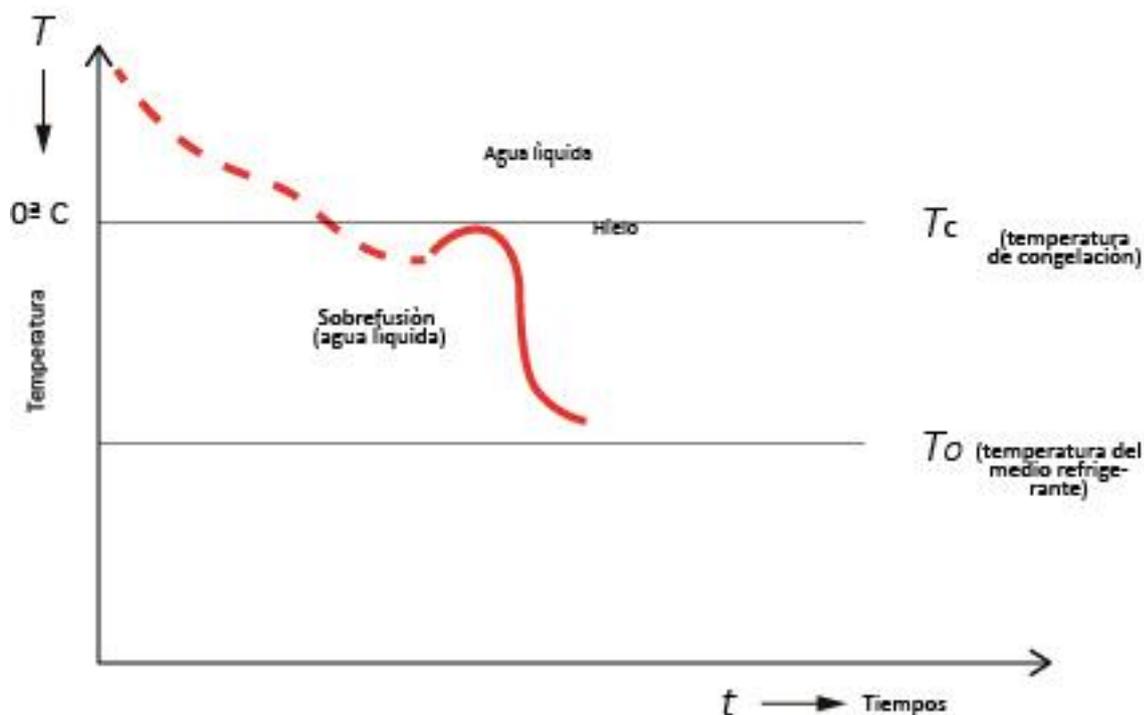


Imagen 12 - Capítulo III - Fenómeno de congelación del agua con el tiempo.- R. Miralles

La refrigeración consiste en la conservación de los productos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación. Se puede decir que la refrigeración se enmarca entre 1°C y 8°C . De esta forma se consigue que el valor nutricional y las características de sabor, textura y olor casi no se diferencien de las de los productos al inicio de su almacenaje.

Esta evita el crecimiento de los microorganismos que pueden soportar temperaturas superiores a los 45°C y de muchos que pueden sobrevivir a temperaturas que van de los 15 hasta 45°C . Sin embargo, para lograr el resultado esperado también se deben tomar muy en cuenta otros factores, además de la temperatura y las otras condiciones de almacenaje. Por ejemplo, la vida útil de los vegetales refrigerados depende de la variedad, parte almacenada, condiciones de su recolección y la temperatura durante su transporte, entre otras. Para los alimentos procesados, depende del tipo de alimento, intensidad del procesamiento recibido (fundamentalmente sobre los microorganismos y enzimas), higiene en la elaboración y el envasado, entre otros.

3.3.2 Congelación

Esta aplicación de las bajas temperaturas se distingue en que la temperatura del alimento se reduce por debajo de la de su punto de congelación, producto de lo cual una fracción elevada del agua contenida en aquel cambia de estado físico formando cristales de hielo. Esta inmovilización del agua en forma de hielo y el incremento en la concentración de los solutos en el agua no congelada provoca la reducción de la actividad del agua del alimento. Por tanto, la conservación del alimento por esta vía es la consecuencia de la acción combinada de las bajas temperaturas y la disminución en su actividad de agua.

La congelación representa para muchos alimentos el mejor método de conservación a largo plazo, pues asocia los efectos favorables de las bajas temperaturas a los de transformación de agua líquida en agua sólida (hielo), es decir, actúan conjuntamente la disminución de la temperatura y la disminución de la actividad acuosa. Las características principales del método son:

- Prácticamente, ningún microorganismo puede desarrollarse a temperaturas inferiores a -10°C , por lo tanto, el usual almacenamiento de los productos congelados a -18 o -25°C impide toda actividad microbiana.
- La velocidad de la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida.

Habiendo introducido la principal diferencia entre los métodos de conservación de alimentos, se estudiará a continuación los equipos utilizados para este fin.

3.3.3 Tipo de instalaciones frigoríficas industriales

Cámaras frigoríficas

Se entiende por cámara frigorífica al local construido con material aislante térmico, destinado a la conservación por medio del frío de productos perecederos.
(SENASA)

Esta refrigeración se realiza mediante las máquinas que definiremos como equipos de frío, mientras que la conservación de la temperatura alcanzada en estos recintos, depende también de elementos estructurales que desarrollaremos a continuación.

Un equipo de refrigeración (equipo de frío) es una máquina térmica cuyo objetivo consiste en extraer calor de un foco a baja temperatura para transferirlo a otro foco a temperatura más elevada.

Para lograrlo es necesario un aporte de trabajo, puesto que el calor se dirige de forma espontánea de un foco caliente a uno frío por la segunda ley de la termodinámica. El aporte de energía para el funcionamiento de la máquina se realizará mediante la compresión mecánica de un gas refrigerante, el cual será el encargado de transferir el calor desde un foco térmico al otro. La compresión mecánica se produce accionando el compresor mediante un motor de tipo eléctrico o a combustión.

La instalación está formada por componentes, mecánicos y eléctricos que se disponen de una determinada manera en un dispositivo, atendiendo a las necesidades y el dimensionado del mismo. En este proyecto se estudiarán las máquinas de compresión; en las que los vapores son aspirados y comprimidos mediante un compresor y licuados en un condensador. Los equipos frigoríficos a base de compresores de émbolos y funcionamiento automático, son los que se utilizan casi

exclusivamente en los frigoríficos industriales y son el tipo de máquinas que desarrollaremos a profundidad.

También pueden estudiarse estos equipos según las temperaturas de trabajo.

Las temperaturas de trabajo de los distintos sistemas de refrigeración, se refieren tanto a la temperatura del compartimento refrigerado, como a la temperatura de ebullición del refrigerante en el serpentín, que se explicará con detenimiento cuando se hable del funcionamiento de los equipos. Las temperaturas que mostramos a continuación marcan algunas de las directrices que se siguen en la industria:

- **Aplicaciones de temperatura alta**

Las aplicaciones de refrigeración a temperatura alta, proporcionan temperaturas de la superficie a refrigerar que oscilan entre 4° C y los 15° C.

- **Aplicaciones de temperatura media**

Los sistemas de refrigeración domésticos serían un buen ejemplo de aplicaciones de temperatura media, ya que el rango de temperaturas oscila entre 2° C y 8° C. La escala de la temperatura media de refrigeración se encuentra por encima de la temperatura de congelación para la mayoría de los productos. Pocos se suelen guardar por debajo de los 0° C.

- **Aplicaciones de temperatura baja**

Este tipo de aplicaciones producen temperaturas que se encuentran por debajo del punto de congelación del agua, o sea menores a 0° C; un sistema característico de este tipo de temperaturas es la fabricación de hielo. Generalmente, la temperatura de las aplicaciones que sirven para conservar alimentos está comprendida entre los -18° C y los -30° C.

3.4 Análisis funcional y elementos constituyentes de un sistema frigorífico

3.4.1 Constitución física

La constitución o materialización de una cámara de refrigeración se define en función de la sollicitación térmica y condiciones medioambientales a las que esté sometida, es decir, su carga térmica y temperaturas tanto exterior como interior, entre otros parámetros a considerar. Los elementos constructivos de las cámaras son:

- **Paneles:** Estos paneles constituidos generalmente por polímeros sintéticos tienen un bajo coeficiente global de transferencia de calor debido al bajo coeficiente de conductividad térmica de sus materiales (principalmente el material aislante), que minimiza las pérdidas por conducción y convección entre los lados interior y exterior de la cámara.

- **Techos y pisos:** En cámaras pequeñas, para los techos se pueden usar desde los mismos paneles de los paramentos verticales, dándole acabados especiales, hasta usar paneles especialmente diseñados para este fin, que tienen una terminación y ensamble especial. Conforme el tamaño e intensidad de tráfico de la cámara se pueden utilizar paneles especialmente diseñados para ser utilizados como panel-piso los que tienen un revestimiento especial que permite un tráfico ligero.

- **Suelos:** El criterio que prima es la temperatura de operación de la misma; si la cámara ha de trabajar por debajo de 0°C tiene que tener un suelo tratado y libre de humedad para evitar la congelación por transmisión de la humedad propia de la tierra.

3.4.2 Análisis del circuito frigorífico

Comúnmente se habla de “generación de frío”, sin embargo, el frío no se genera, se retira calor de cierto elemento para poder bajar su temperatura, esto es, se lleva a cabo un transporte de este calor desde un punto que llamamos foco a baja temperatura hasta otro punto que está a una más elevada. Para esto, es necesario utilizar una cantidad determinada de energía.

Las instalaciones frigoríficas de compresión son los sistemas de refrigeración más frecuentes en la práctica, y los que se estudiarán aquí. En una instalación frigorífica de compresión, un refrigerante fluye a través del circuito de refrigerante y experimenta diversos cambios de estado. La instalación se basa en el efecto físico de que para la transición del estado líquido al estado gaseoso se requiere energía térmica.

Para saber cómo funciona el ciclo de refrigeración antes tenemos que saber los componentes básicos y principales de los que está compuesto, que, a nivel general, son:

- **Compresor**
- **Condensador**
- **Válvula de expansión**
- **Evaporador**

Estos son los **cuatro elementos básicos** que conforman un ciclo de refrigeración, sin alguno de ellos el ciclo es imposible que se lleve a cabo, aunque pueden existir elementos adicionales, destinados a mejorar el comportamiento de la instalación o para el control y regulación de la misma. Por su parte el fluido frigorífico que circula por el sistema refrigerante, absorberá la energía cedida por el compresor, y esto hará que lo impulse a través del circuito.

3.4.3 Ciclo frigorífico de compresión

El ciclo puede resumirse en el siguiente proceso:

El evaporador le extrae energía térmica a la sala que se desea refrigerar. Mediante diferentes presiones durante la evaporación y la condensación se pueden ajustar los niveles de temperatura de tal modo que el calor se transfiera del lado frío hacia el lado caliente. Por medio de la condensación del refrigerante se libera de nuevo la energía térmica.

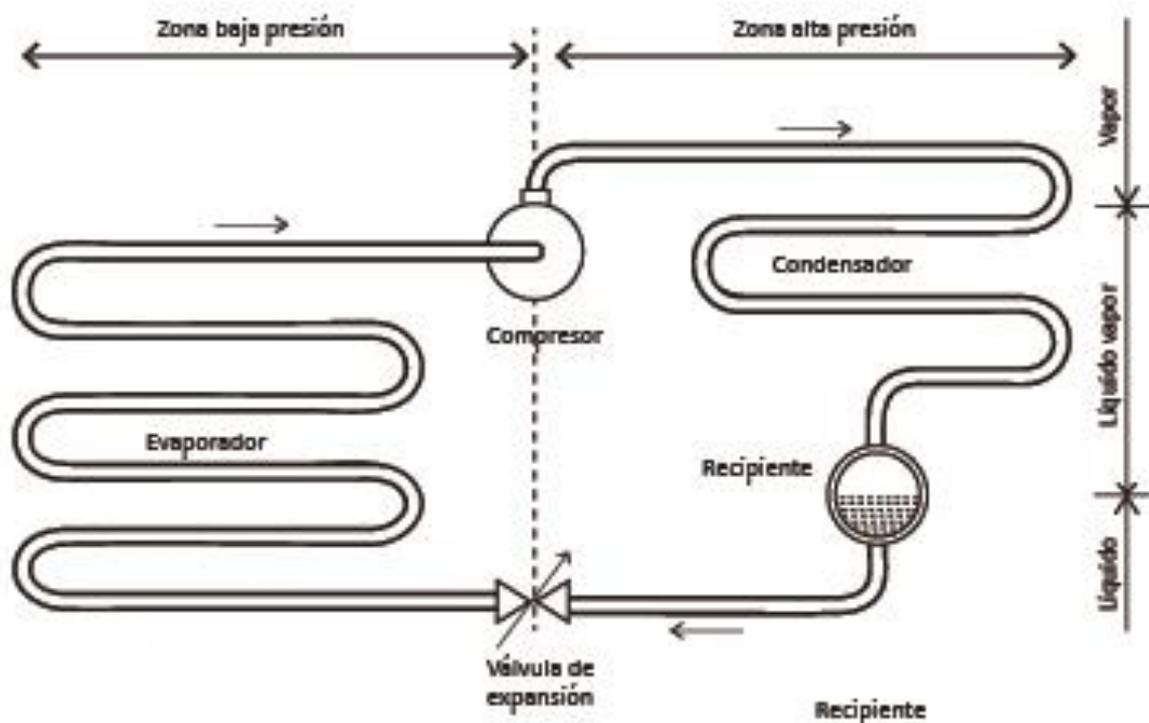


Imagen 13 - Capítulo III - Ciclo de refrigeración por compresión.

El método de producción de frío en las máquinas de fluidos condensables está basado en los cambios de estado (líquido-gas y gas-líquido) de una sustancia, en este caso fluido refrigerante en un circuito cerrado. La temperatura necesaria para producir el cambio de estado del fluido refrigerante, dependerá de la presión a la que los fluidos se encuentren dentro de las condiciones de operación; es decir a baja presión la temperatura es baja, y si se eleva la presión, la temperatura aumenta.

El motivo de aprovechar los cambios de estado es porque los calores latentes (cambio de estado) son mayores que los calores sensibles (cambio de temperatura), con la consiguiente disminución de la cantidad de fluido refrigerante y la capacidad de los equipos frigoríficos.

El modo de obtención de frío con este sistema describe un ciclo teórico que podemos resumir de la siguiente manera:

1. Se comprime el refrigerante en estado gaseoso mediante un compresor, de modo que se eleva la presión y temperatura del gas.

2. Se hace circular el fluido (gas) por un condensador, en él se condensa el refrigerante a presión constante (líquido), cediendo calor al medio exterior, normalmente aire o agua.
3. Se pasa el líquido refrigerante por una etapa de expansión donde pierde presión y temperatura evaporándose una pequeña fracción del líquido.
4. El refrigerante con bajas temperaturas y presión se pasa por un evaporador en el que el refrigerante se evapora (gas), absorbiendo calor del medio exterior y logrando así el efecto frigorífico deseado.
5. Finalmente se vuelve a comprimir el gas, reiniciando el ciclo.

El proceso de refrigeración implica un circuito cerrado, y al refrigerante no se le deja expandir al aire libre. Cuando el refrigerante va hacia el evaporador, éste es alimentado por un tanque. La presión en el tanque será alta, hasta que su presión se iguale a la del evaporador. Por esto la circulación del refrigerante cesará y la temperatura tanto en el tanque como en el evaporador se elevará gradualmente hasta alcanzar la temperatura ambiente. Para mantener una presión menor y con esto una temperatura más baja, es necesario sacar el vapor del evaporador. Esto lo realiza el compresor el cual lo aspira. En términos sencillos, el compresor se puede comparar a una bomba que transporta vapor en el circuito del refrigerante.

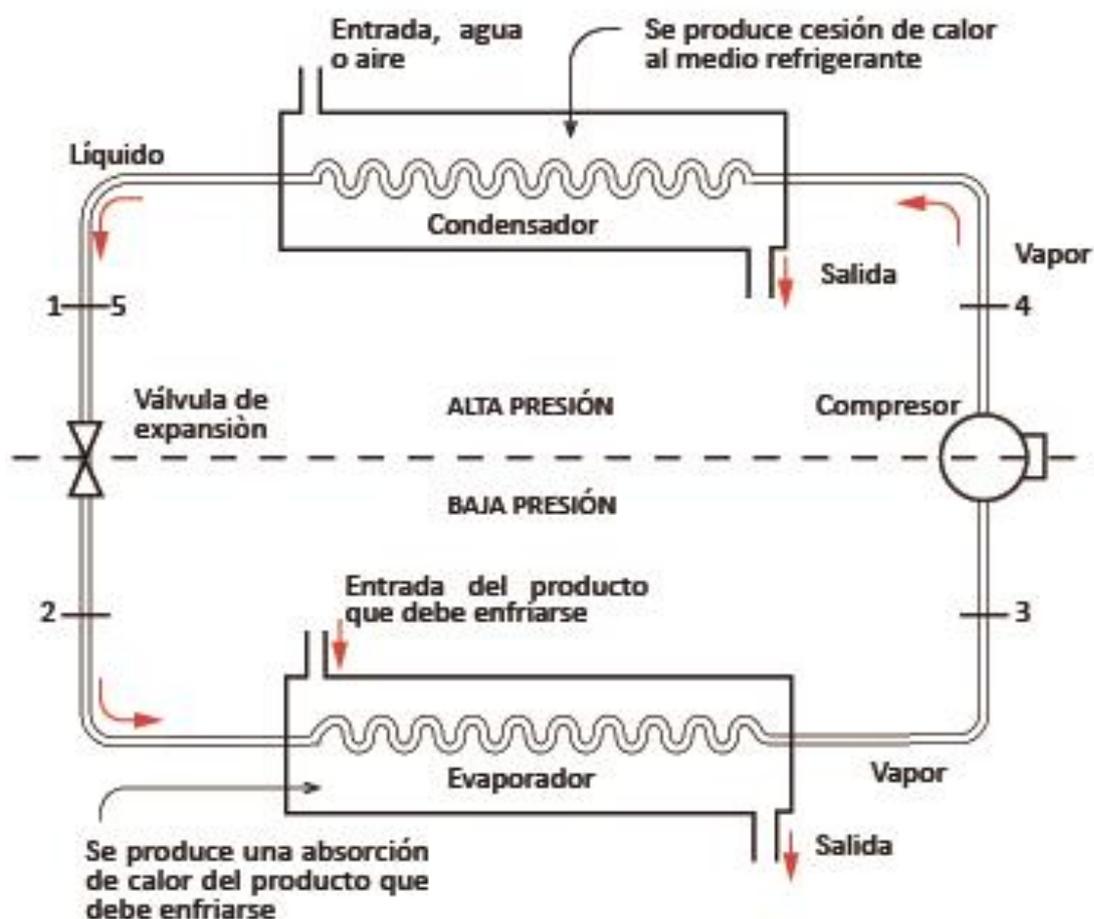


Imagen 14 - Capítulo III - Circuito elemental de una instalación frigorífica por compresión de vapor.

3.5 Circuito de refrigerante

Dentro del circuito cerrado en el cual circula el gas refrigerante podemos encontrar los siguientes elementos mencionados anteriormente:

3.5.1 Compresor

El compresor es una bomba aspirante e impulsora que aspira los vapores fríos que provienen del evaporador y los restituye en la descarga comprimidos y recalentados. El fluido sufre una compresión politrópica que ha tenido lugar por efecto de elevar la temperatura del fluido descargado.

Podemos definir al compresor como una máquina aspirante-impelente⁴

El compresor tiene la misión de aspirar los vapores que se producen al evaporarse un fluido en un evaporador que se encuentra a baja presión y descargarlo a alta presión en el condensador, realizándose un cambio de estado de vapor a líquido.

Una **compresión adiabática** es la que tiene lugar sin intercambio de calor con el exterior del sistema, en un corto espacio de tiempo y en un lugar perfectamente aislado; y una **compresión politrópica**⁵ es la que realmente sucede en un proceso de compresión, cediendo o ganando calor.

Los compresores herméticos son los más comúnmente utilizados en equipos frigoríficos de pequeña envergadura. Se presenta como una envolvente de acero formada por dos partes soldadas eléctricamente una con la otra, cuya forma se asemeja a la de un cilindro. De esta envolvente salen dos tuberías cuidadosamente selladas conectadas a válvulas, en la parte inferior soldadas tres o cuatro patas de fijación, y en la parte exterior de la envolvente se colocan los bornes de conexión eléctrica del motor del compresor. Por la parte exterior solamente salen la línea de aspiración, la línea de compresión o descarga y el conexionado eléctrico. El compresor se sitúa entre la unidad evaporadora y la unidad condensadora, y la unión al circuito se realiza mediante uniones mecánicas fijas. Es el elemento generador de la diferencia de presión entre la parte evaporadora y la parte condensadora.

⁴ Impelente: Que da empuje, impulsa, da fuerza a algo para moverlo.

⁵ Politrópica: existencia de tanto una transferencia de energía al interior del sistema que contiene el o los gases como una transferencia de energía con el medio exterior.

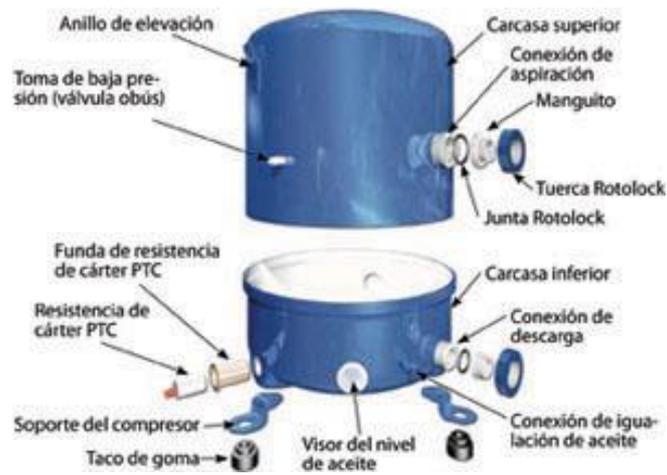


Imagen 15 - Capítulo III - Compresor Hermético

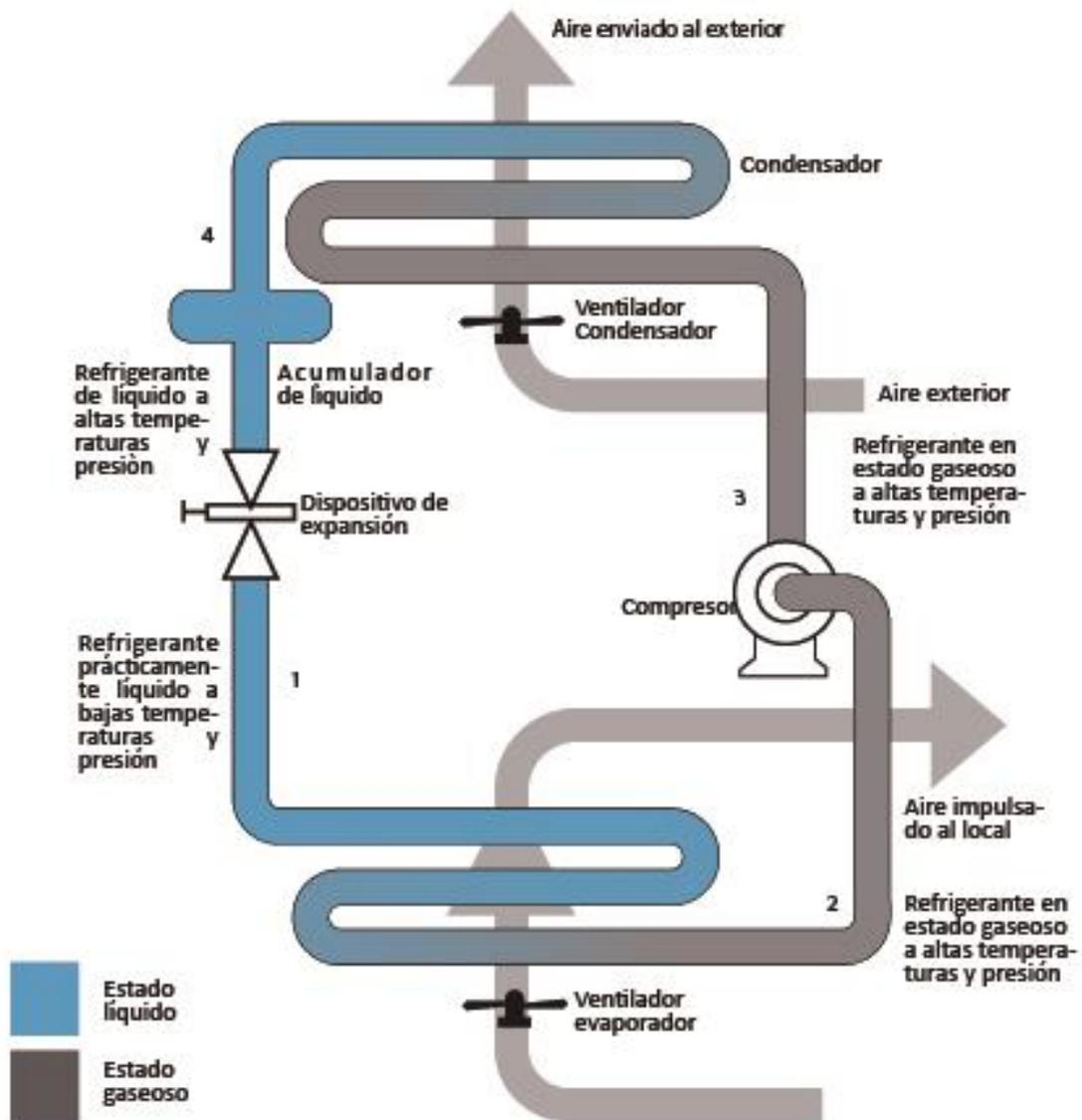


Imagen 16 - Capítulo III - Esquema de un circuito simple de refrigeración por compresión

3.5.2 Condensador

La tarea del condensador es extraer el calor del refrigerante en forma de gas. Este calor, en principio, es la suma del calor absorbido por los evaporadores y el producido por el trabajo de compresión.

Estos aparatos permiten a los gases que salen del compresor en alta presión cambiar de estado gas a estado líquido, para poder alimentar la válvula de expansión con el líquido necesario hasta producir una buena evaporación. Para tener este cambio de estado se necesita un enfriamiento que puede producirse por dos medios: aire o agua.

Suele estar situado en el exterior junto al compresor. A esta agrupación se le denomina unidad condensadora. Si en lugar de solo agua se utilizara también el aire para enfriar, se tratará de condensadores evaporativos. El movimiento del aire lo provocan unos ventiladores. El intercambio de calor se realiza entre el agua que cae en forma de lluvia y el aire que circula a contracorriente, el cual facilita la evaporación del agua absorbiendo calor del refrigerante durante el cambio de estado.

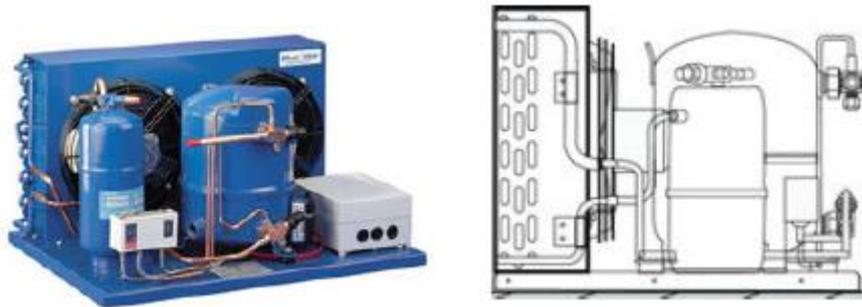


Imagen 17 - Capítulo III - Unidad Condensadora

3.5.3 Válvula de expansión

La misión fundamental de la válvula de expansión es la de proporcionar una diferencia de presión establecida entre los lados de alta y de baja presión del equipo de refrigeración.

Existen muchos diseños, pero el sistema más sencillo es mediante un tubo capilar entre el condensador y el evaporador, de manera que se genera una elevada pérdida de carga en el refrigerante.

En el caso de grandes cantidades de refrigerante, como en grandes instalaciones, se utilizan válvulas de expansión tipo termostáticas, dotadas de un

bulbo que se coloca a la salida del evaporador, que contiene una pequeña cantidad de líquido. El resto del bulbo, el tubo delgado capilar y la parte superior de la membrana de la válvula, está lleno de vapor saturado a la presión que corresponda a la temperatura del bulbo. Por debajo de la membrana, en conexión con el evaporador, la presión existente es la que tiene la evaporación. La diferencia entre estas dos presiones determina el grado de apertura de la válvula.

Normalmente, la evaporación se interrumpe a una cierta distancia en la parte superior del evaporador, apareciendo el gas saturado que inicia un recalentamiento en su camino de salida, al final del evaporador.



Imagen 18 - Capítulo III - Esquema básico de la válvula de expansión

En función de la cantidad de refrigerante presente en el evaporador, el vapor estará más o menos recalentado y su temperatura será mayor cuanto menor sea la cantidad de refrigerante. La temperatura del bulbo a su vez se eleva también y lo mismo la presión del vapor en él, cosa que hace que la parte superior del diafragma se deforme hacia abajo, abriendo la válvula y dejando pasar más cantidad de líquido al evaporador. En caso contrario, el funcionamiento se invierte, regulando de este modo su comportamiento.

3.5.4 Válvula de expansión termostática

Esta válvula reacciona a las variaciones del grado de calentamiento del fluido frigorígeno, vapor saturado o recalentado, que sale del evaporador.

La válvula de expansión termostática o válvula de termo expansión, es un dispositivo diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador. Se encarga de controlar el paso de refrigerante a través de la compresión o la expansión, en función de la presión requerida por el sistema. Esta presión es la que enfría el refrigerante al circular a través de las bobinas del evaporador.

La cantidad de gas refrigerante que sale del evaporador puede regularse, puesto que la termo válvula responde a:

1. La temperatura del gas que sale del evaporador
2. La presión del evaporador.

En conclusión, las principales funciones de una válvula de termo expansión son:

1. Reducir la presión y la temperatura del líquido refrigerante, alimentar líquido a baja presión hacia el evaporador, según la demanda de la carga
2. Mantener un sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador.

3.5.5 Evaporador

Este elemento es un intercambiador de calor que, por sus necesidades caloríficas, absorbe el calor del medio en que se encuentra, por lo que lo enfría. Normalmente es de circulación forzada de aire mediante ventilador, que proporciona una mayor capacidad frigorífica y un buen intercambio mediante la utilización de tubos con aletas para aumentar su superficie.

La tarea principal del evaporador es enfriar el medio a la temperatura deseada. Cuando el refrigerante está pasando por el evaporador, éste utiliza el calor del fluido en su alrededor para cambiar de estado pasando a vapor. Éste es el “efecto de enfriamiento”, y por esto se dice que la tarea del evaporador es enfriar. Normalmente el flujo de los fluidos es en contracorriente y las aletas del evaporador, al aumentar significativamente la superficie de transmisión de calor, hacen que éste sea más efectivo. Para asegurar una eficiencia y capacidad de enfriamiento del evaporador, es necesario realizar desescarches cada cierto tiempo.

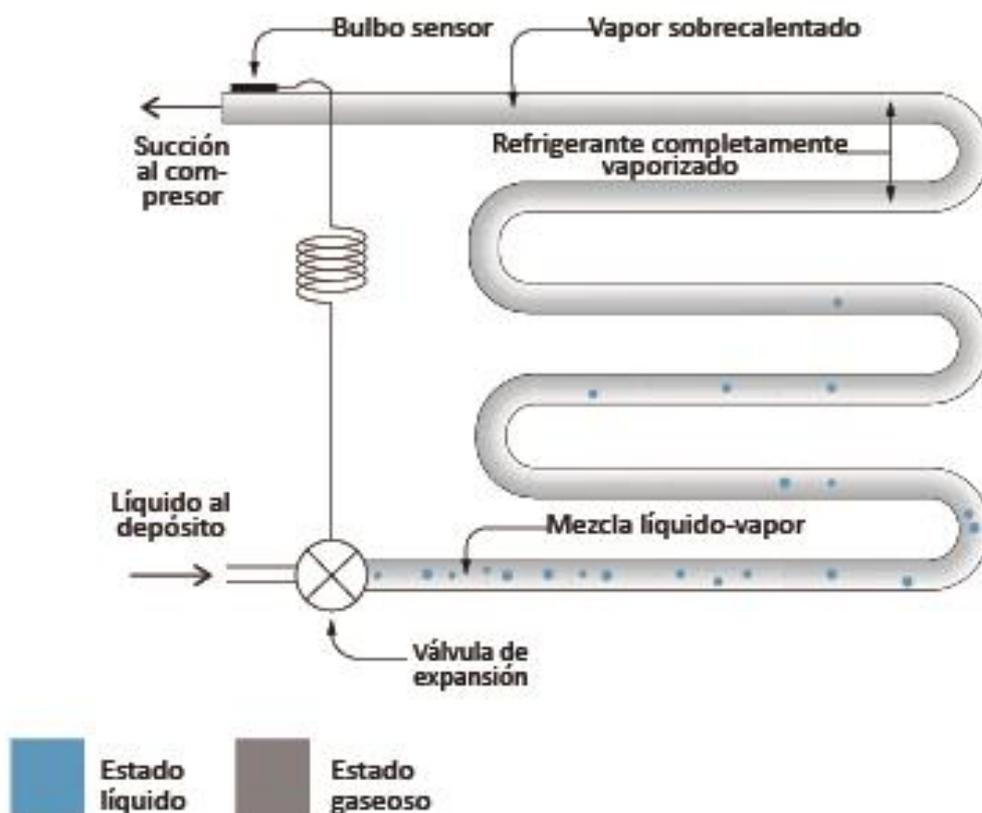


Imagen 19 - Capítulo III - Esquema básico de un evaporador

3.5.6 Recipiente de líquido

Cilindro o contenedor conectado a la salida del condensador, para almacenar refrigerante líquido en un sistema y su función es la siguiente: Alimenta la válvula de expansión de manera permanente, y funciona como un compensador de líquido. A su vez, carga una capacidad de líquido suficiente para mantener el buen funcionamiento de la instalación. Cuando el grupo está en marcha, el depósito está totalmente sobre presión lo que permite al líquido de salir hacia la válvula de expansión pasando por el filtro secador sin problema.

3.5.7 Elementos complementarios

Una instalación podría trabajar con los elementos anteriormente citados, pero, evidentemente, necesita de otros elementos complementarios para que el ciclo de trabajo se pueda efectuar con el mayor rendimiento posible.

- **Presostatos:** El presostato actúa en función de la presión, tanto en la parte de alta como de baja presión.



- **Termostato bimetálico:** El termostato bimetálico, está compuesto por dos láminas metálicas de diferente coeficiente de dilatación; los dos metales están soldados o laminados juntos, de forma que, al someterlos a una misma temperatura, se dilatan desigualmente, provocando una deformación del conjunto, proporcional a la temperatura a que han sido expuestos.
- **Termostato con bulbo y capilar:** El bulbo es el elemento sensible, que contiene un gas dilatante que actúa en función de las variaciones de temperatura, y va conectado mediante un tubo capilar a un fuelle, que, al acusar las diferencias de presión causadas por las variaciones de temperatura, acciona un interruptor que cierra o abre el circuito.



- **Filtros secadores:** Mientras que algunos tipos de fluidos frigoríficos reaccionan con la humedad existente en el circuito, con grandes inconvenientes para el sistema, otros no se ven afectados por tales circunstancias, pero la humedad que se va acumulando reduce la efectividad de la máquina, por lo que tanto en el caso de utilizar unos u otros tipos de fluidos frigoríficos, se hace necesaria la utilización de secadores.



- **Manómetros:** Sirven para controlar las presiones, y pueden ser de:

- **Válvula solenoide:** Abren o cierran el circuito de líquido o de gas según se halle alimentada o no la bobina de mando de la misma. Esta puesta bajo tensión o, fuera de tensión, se consigue por medio de un automático auxiliar con contactos eléctricos (presostato, termostato, higestato, etc.).



Resumiendo, un circuito completo con todos sus elementos es representado de la siguiente manera:

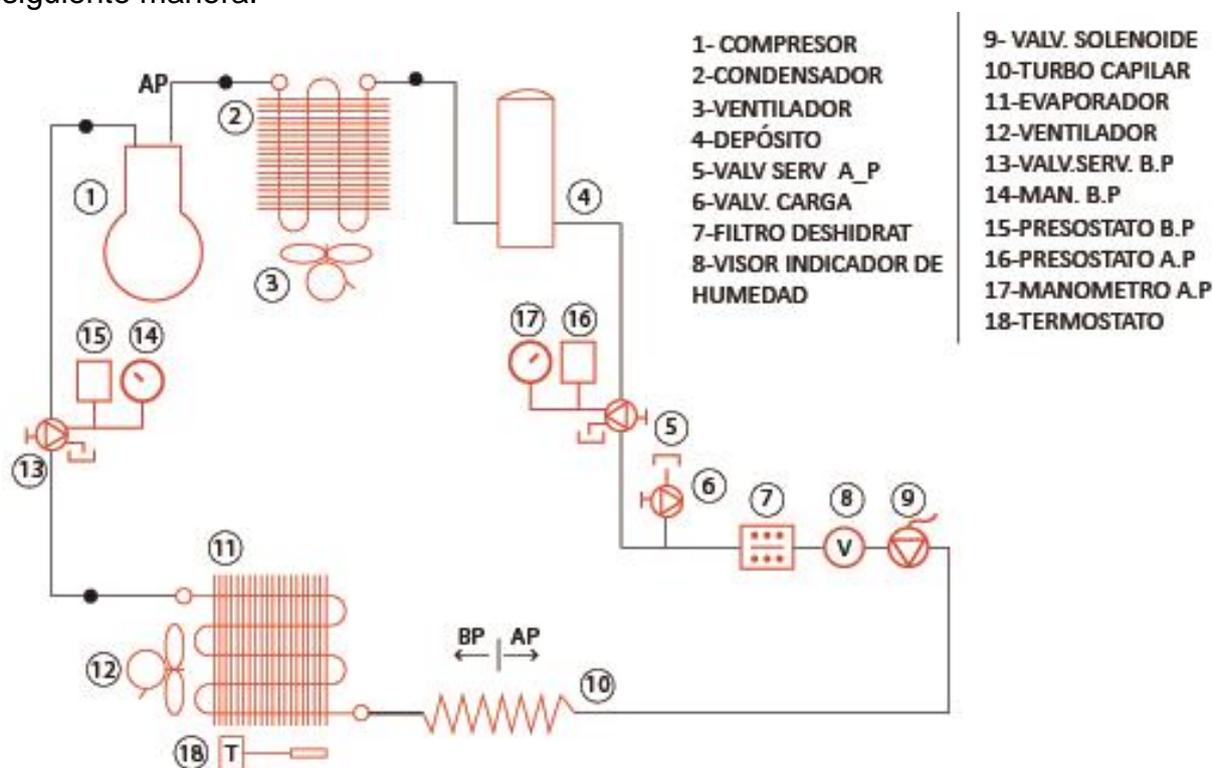


Imagen 20 - Capítulo III - Circuito frigorífico completo

3.6 Equilibrio del circuito frigorífico

Además de los elementos fundamentales que constituyen una instalación frigorífica, en todo circuito, existe un determinado número de dispositivos sin los cuales sería prácticamente imposible que toda la instalación trabajara de forma exacta y precisa en la concatenación de los ciclos de parada y marcha, dentro de los límites de funcionamiento, para mantener de forma automática una determinada temperatura uniforme dentro del recinto que se quiere refrigerar.

Dos de los principales elementos necesarios para conseguir el funcionamiento correcto y automático del sistema son: la válvula de expansión, y el sistema de control, formado por elementos que se activan por presión o por temperatura y que actúan en combinación para accionar o parar el motor, que es lo que hace que el compresor trabaje o no.

Pueden existir otros dispositivos, además de estos, que auxilian al funcionamiento correcto de los demás elementos de la instalación, de los cuales ya hemos comentado anteriormente, como las válvulas de diferentes tipos, filtros, etc.

Los tres elementos principales de una instalación, que son el compresor, evaporador y condensador, una vez calculados y elegidos para su funcionamiento, deben ser diseñados para operar conjuntamente llegando cada casa a una situación de equilibrio, de manera tal que la cantidad de refrigerante que se vaporice, sea la misma que trasvase el compresor, en las mismas condiciones de condensación.

Cuando existan diferencias de capacidad, que comúnmente se presentan, entre el evaporador y el compresor, las condiciones de equilibrio se desplazarán del punto esperado. Esto será:

El evaporador aumenta su efecto frigorífico al descender la temperatura de evaporación. Si representamos un gráfico donde en ordenadas ponemos la potencia frigorífica, y en abscisas la temperatura de evaporación, la curva correspondiente al evaporador es la de pendiente negativa, el compresor, por el contrario, aumenta su potencia frigorífica al aumentar la temperatura de evaporación.

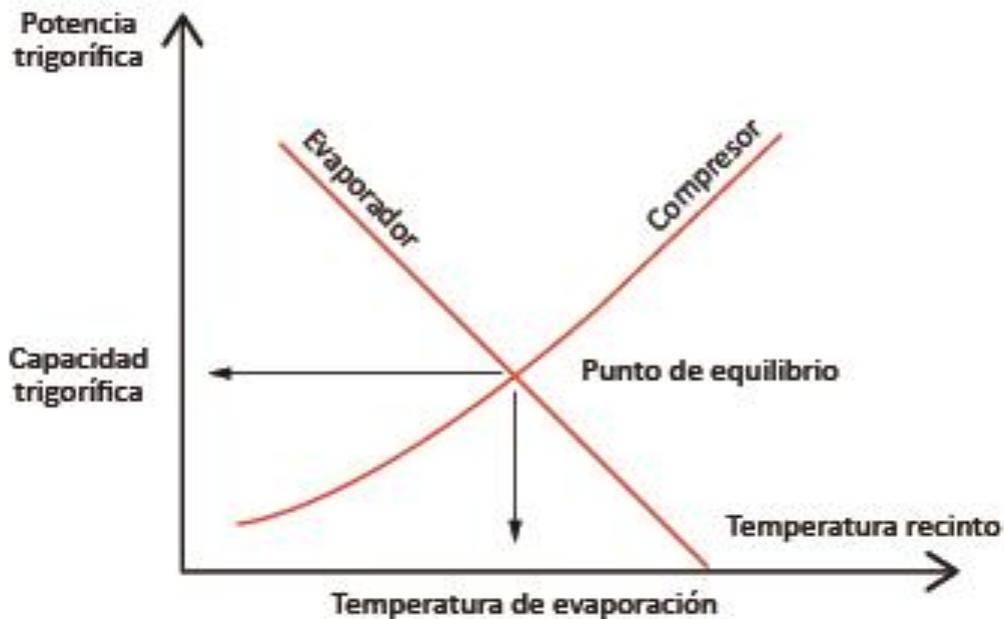


Imagen 21 - Capítulo III - Gráfico del equilibrio compresor – evaporador (R. Miralles)

Puede comprenderse que una instalación frigorífica no está funcionando continuamente, ya que una vez conseguida la temperatura de régimen, si el compresor continuara funcionando seguiría disminuyendo la temperatura, alejándose de las condiciones prácticas necesarias y causando efectos no deseables. Esto conlleva que se sucedan una serie de conexiones y desconexiones en torno al punto de equilibrio, provocadas por los elementos de control necesarios para que se realice de forma automática. De aquí su gran importancia en los circuitos frigoríficos.

3.7 Refrigerantes

Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo cede al condensarse a alta temperatura y presión.

3.7.1 Identificación de los refrigerantes

Los refrigerantes se identifican por números después de la letra R, como su nombre lo indica. El sistema de identificación ha sido estandarizado por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). De acuerdo con la citada disposición los refrigerantes se denominarán o expresarán por su fórmula o

denominación química, o si procede, por su denominación simbólica numérica, no siendo suficiente, en ningún caso, su nombre comercial.

En la práctica, los refrigerantes se identifican por su denominación simbólica numérica, que puede resumirse en la tabla siguiente

Tabla 1 - Capítulo III - Detalle de refrigerantes

Tipo de refrigerante	Denominación simbólica numérica	Leyenda	Ejemplos
Refrigerantes orgánicos puros	R - XYZ	X = N° de Carbonos – 1 (Si X = 0 no se pone) Y = N° de Hidrógenos + 1 Z = N° de Flúor	R-22 R-134a
Refrigerantes orgánicos puros con bromo	R – XYZ B N° de Bromos		R-13B1
Mezclas zeotrópicas	R-4xx	Números arbitrarios de la serie 400	R-407C R-410A
Mezclas azeotrópicas	R-5xx	Números arbitrarios de la serie 500	R-507A
Otros refrigerantes	R-6xx	Refrigerantes que no tienen cabida en otras denominaciones	R-600 R-600a
Refrigerantes inorgánicos	R-7+PM	PM = Peso molecular	R-717 R-744

3.8 Variables críticas de un proceso de refrigeración

La vigilancia de la cadena de frío para evitar desperdicio de comida es una de las principales actividades que deben realizarse para garantizar la frescura y calidad de los productos. Existen diferentes parámetros que deben ser medidos y controlados, desde la temperatura de las cámaras frigoríficas y los productos almacenados hasta factores que indican la salud y operación de los equipos de enfriamiento. Aquí se especifican los principales:

1. **Temperatura:** El control y monitoreo de la temperatura a lo largo de la cadena de frío es crucial. De la estabilidad de ésta dependerá la calidad del producto final. El control de temperatura en la cadena de frío debe realizarse de manera continua ya que excluir algunas de las etapas podría generar una ruptura y pérdida de calidad en los alimentos.
2. **Fugas de refrigerante:** La falta de refrigerante en las instalaciones de refrigeración es un problema que en la mayoría de las ocasiones es visualizado como un problema ambiental, además de que representa un costo operativo en el funcionamiento del frigorífico. Una ausencia parcial de refrigerante evitará un intercambio eficiente de calor generando en la mayoría de los casos falta de capacidad, incremento en las temperaturas de los productos y un mayor número de horas de trabajo de los sistemas de compresión.

3. **Operación adecuada de los compresores:** Del correcto funcionamiento del compresor depende en gran medida la capacidad de un sistema de refrigeración para poder otorgar las temperaturas deseadas. Controlar las variables que los hacen trabajar de modo óptimo y monitorear su comportamiento es también una forma de garantizar el cumplimiento de la cadena de frío y evitar la pérdida de alimentos.

4. **Consumo energético:** Monitorear el consumo energético de una instalación de refrigeración es también una manera de cuidar la integridad de los productos refrigerados. Cambios en la potencia consumida de un equipo de refrigeración diferentes a los esperados por situaciones operativas normales (temperatura ambiente, procesos de carga de producto, limpieza, etcétera) son también un reflejo de una posible ineficiencia o falta de mantenimiento.

Capítulo IV - Desarrollo

4.1 Introducción

Partiendo desde un enfoque estratégico-productivo de la empresa, se plasmará el contexto en el cual están inmersos los equipos, para luego profundizar en el desarrollo definitivo de este trabajo, que es la propuesta de un sistema de mantenimiento planificado. Este consistirá en un servicio de visitas programadas donde se inspecciona periódicamente el equipo, y se realizan los servicios preventivos. Todo esto teniendo en cuenta los procesos y acciones necesarias para para minimizar los mantenimientos correctivos y optimizar el funcionamiento del equipo.

Se busca profundizar el sistema de mantenimiento relacionado a estos equipos mediante una planificación del mismo, por lo que el siguiente desarrollo buscará sentar las bases metodológicas para su aplicación.

4.2 Propuesta de sistema de mantenimiento planificado

Esta propuesta se desarrollará en el marco conceptual de un ciclo de Deming, o ciclo PDCA, abarcando la etapa inicial de planificación al introducir la metodología para la ejecución de las otras etapas, que significan la ejecución, revisión y plan de acción continuar mejorando el proceso hacia el logro de los objetivos planteados.

Este ciclo se compone de acciones que deben llevarse a cabo para la correcta aplicación y ejecución prolongada del mantenimiento:

- **Planificar - Plan:** en base a la situación actual y los recursos que se disponen, definir los objetivos que persigue la gestión de mantenimiento y diagramar el plan de mantenimiento.
- **Ejecutar el plan - Do:** una vez fijado el punto de partida y los objetivos a los que se quiere llegar, se gestionan los recursos disponibles para lograrlos.
- **Controlar - Check:** se evalúa el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizará en comparación con las metas prefijadas.
- **Actuar - Act:** si existen desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciéndose así la retroalimentación al sistema.

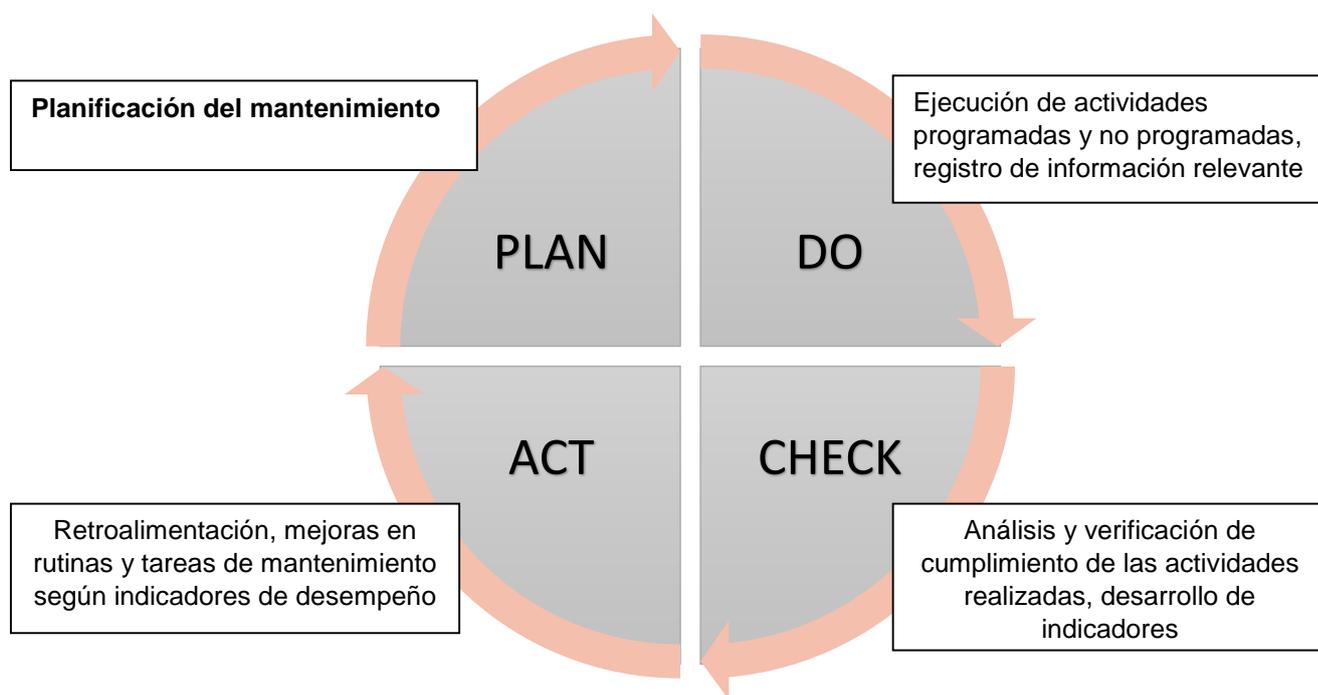


Imagen 22 - Capítulo IV - Diagrama PDCA

Como se menciona en apartados anteriores, este trabajo busca poder plasmar los elementos necesarios para conformar un plan de mantenimiento para las cámaras frigoríficas y sus respectivos equipos de frío. Siguiendo los lineamientos presentados en el marco conceptual, el desarrollo quedará conformado al definirse los siguientes tópicos referidos al plan:

1. Qué equipo:

En una primera instancia, se trabajó relevando información sobre los equipos y el historial de mantenimiento actual, en el cual se encuentran registradas mayormente tareas de tipo correctivas de las distintas cámaras. Estos datos utilizados como base se encuentran en el sistema de gestión de la empresa y el registro consta con ingresos a partir del año 2018 a la fecha. En el mismo se detallan las tareas realizadas o por realizar, el responsable de llevarla a cabo y de la supervisión, las fechas objetivo estimadas y las de ejecución.

2. Qué parte del equipo:

El posterior tratamiento del mismo se centrará especialmente en los elementos considerados críticos para el funcionamiento de los recintos refrigerados. Si estos no funcionaran adecuadamente, el bien dejaría de poder cumplir la función para el que fue concebido. De esta forma, se realizará un estudio del activo en su conjunto, como un solo equipo, diferenciando los elementos estructurales de aquellos correspondientes al sistema de frío.

3. Qué método de mantenimiento:

Se busca complementar el proceso de mantenimiento correctivo actual, con un mantenimiento preventivo programable.

En general, durante los mantenimientos preventivos programados, se deben tener en cuenta diversos elementos:

Los elementos a considerar serán:

- Frecuencia de inspección/mantenimiento por equipo
- Programas de calibración
- Responsables de reparación de equipos
- Registros de las actividades de prueba, inspección y mantenimiento

Se busca anticiparse a la aparición de los siguientes estados:

- **Falla:** Cesación de la aptitud de un bien a cumplir una función requerida.
- **Anomalía:** Cualquier situación que sea diferente, anormal, peculiar, que no responde a un funcionamiento normal de la parte o equipo.

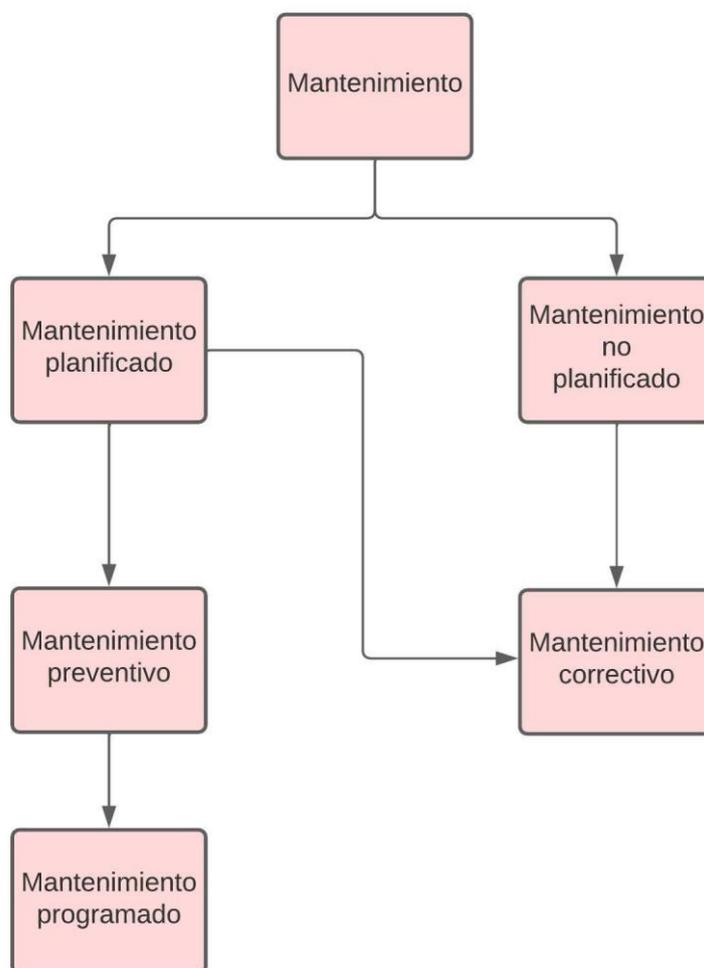


Imagen 23 - Capítulo IV - Tipo de mantenimiento (Juan Manuel Franco Lijó)

4. Redactar un procedimiento de mantenimiento estándar:

Para esto, por fuera de la figura actual del responsable o coordinador de mantenimiento presente, se propone la incorporación de un operario que sea capaz de llevar adelante las tareas que se definirán a continuación. Esto logrará tener las piezas clave en el proceso de mantenimiento y definirá las dinámicas de las tareas del plan.

5. Realizar un mantenimiento sistemático:

Incorporar todos los registros documentados de las actividades de rutina, de las calibraciones e inspecciones, así como de las acciones de mantenimiento correctivo realizadas debido a fallas o a eventos no programados.

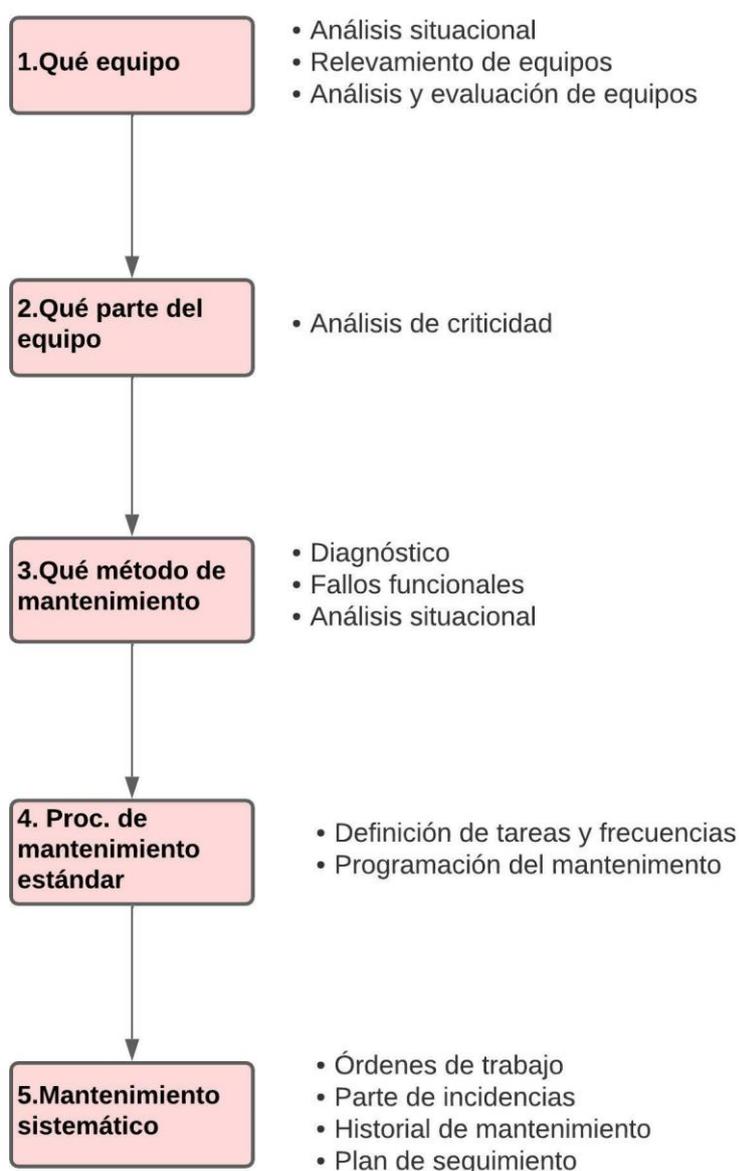


Imagen 24 - Capítulo IV - Proceso de desarrollo

4.3 Análisis situacional

Debido al contexto a la fecha de la realización de este proyecto, la empresa se encuentra en una parada programada por motivos productivos debido a la situación de pandemia COVID-19.

4.3.1 Contexto productivo

Al pertenecer al rubro gastronómico, la empresa debe planificar eficazmente los recursos productivos, llevando a cabo una estrategia de seguimiento de la demanda e intentando conseguir niveles de producción que igualen la demanda para cada período. Actualmente, su capacidad productiva se encuentra reducida debido a las condiciones extraordinarias que llevaron a que sus clientes reduzcan su demanda afectando al nivel de producción. En condiciones normales, estos clientes cuentan con una demanda fija que permite desempeñar la actividad con valores de demanda conocidos y relativamente estables.

Recordando el proceso productivo definido previamente, este comienza con la recepción de la materia prima, la cual es clasificada según tipo, lo que determina el tipo de almacenamiento que recibirá. A partir de aquí, la materia prima es almacenada, si corresponde, en cámaras de refrigeración o congelamiento. (No se estudiará el trato de materia prima a almacenarse en despensas).

Las cámaras de refrigeración deben almacenar productos para las cuales fueron diseñadas, por esto es que se denominan de la siguiente manera:

- **Cámara 1:** Denominada “principal”. Cuenta con una antecámara y almacena diversos productos.
- **Cámara 3:** Denominada “de procesados”, la cual se utiliza normalmente para almacenar productos intermedios luego de algún procesamiento de materia prima.
- **Cámara 4:** Denominada “túnel de congelamiento”.
- **Cámara 5:** Denominada “de lácteos” se utiliza únicamente para el almacenamiento de dichos productos, por lo que se convierte en un activo esencial para el proceso.
- **Cámara 6:** Denominada “Carne y procesados” se utiliza para dar soporte al procesamiento de carnes.
- **Cámara 8:** Denominada “carnicería” es la cámara presente en el recinto de carnicería, utilizada para el almacenamiento de este tipo de productos crudos.
- **Cámara 9:** Denominada “expedición” esta cámara se utiliza como “buffer” en el proceso de despacho de producto terminado, de esta forma, se utiliza ocasionalmente según necesidad de la planta.
- **Cámara 10:** Denominada “verdulería” es la utilizada para el almacenamiento de productos de este tipo.

En cuanto a las cámaras de congelado, se tienen:

- **Cámara 2:** Denominada “congelados 1” es la cámara de congelados de mayor tamaño, se ubica al lado de la cámara principal, con su puerta de ingreso en el pasillo opuesto.

- **Cámara 7:** Denominada “congelados 2” es la segunda cámara de congelados, la cual fue adquirida más recientemente, y está destinada a almacenar productos cárnicos crudos y con algún nivel de procesamiento intermedio.

Una vez que se cuenta con la materia prima almacenada en las cámaras, estas seguirán el proceso de transformación que se requiera de acuerdo al proceso.

4.3.2 Relevamiento inicial de los equipos

En este apartado se proveerá la información recolectada acerca de los equipos correspondientes a la cadena de frío de la empresa. Al contar con escaso material de consulta acerca de los equipos, se procedió a recolectar in situ la información necesaria para su identificación. A su vez, mediante esta identificación de los equipos y sus especificaciones definidas en las placas de los mismos, es que se pudo elaborar las fichas técnicas. Estas fueron realizadas a partir de un relevamiento de campo y complementando la información obtenida por manuales provistos por los proveedores y fabricantes. Se mostrarán datos técnicos de las cámaras, equipos y elementos de control y se realizará un breve estudio del historial de intervenciones de cada uno.

Cabe agregar que algunos componentes de estos equipos fueron adquiridos hace tiempo y no fue posible su rastreo. De esta forma, la tarea de relevamiento se volvió sumamente importante para comprender la naturaleza de los equipos instalados.

De forma de no extender demasiado el análisis, se presentará en este apartado el estudio de una cámara de refrigeración y una de congelación, haciéndolo extensivo al resto de las cámaras, los cuales podrán visualizarse en los correspondientes anexos en una planilla resumen. No obstante, el tratamiento desde el punto de vista del mantenimiento se hará extensivo a todos los activos.

Cámara 1 – Principal – EQ-01

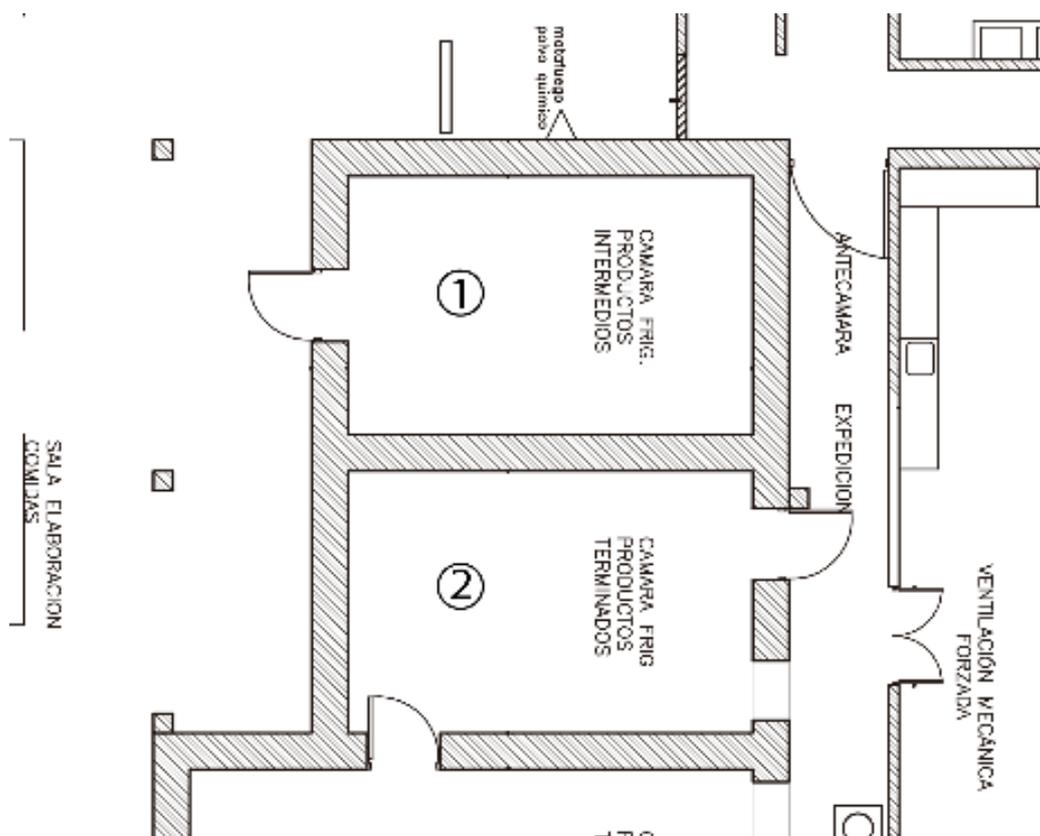


Imagen 25 - Capítulo IV - Ubicación cámara EQ 01 y EQ 02

➤ **Historial de mantenimiento:**

Este equipo muestra tareas de mantenimiento realizadas desde 2018. Lo que se puede observar en el estudio del historial son principalmente tareas correctivas, y algunas realizadas preventivamente como limpieza de partes o mantención y remodelación de elementos constructivos. No hay registro de tareas realizadas en partes funcionales de las cámaras, como motores, compresores, filtros, etc. Aquí se pudo evidenciar la principal discrepancia entre la organización del mantenimiento actual, ya que, al observar en el programa de mantenimiento de la empresa, se puede ver distintas tareas definidas a realizar periódicamente sobre estas partes. Esto reafirma que para que se lleve a cabo una aplicación eficiente del mantenimiento preventivo, debe estar funcionando de acuerdo a un mantenimiento programado. De forma de preservar y resguardar la confidencialidad se omitirá información de sensibilidad.

Tabla 2 - Capítulo IV - Historial de mantenimiento 01

		HISTORIAL DE MANTENIMIENTO			R-7.1.3-3 Rev 02	
					Dirección Archivo:	
Código: EQ-01		Máquina o sitio : Cámara 1				
Sitio:	Sector Hornos					
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA REALIZADA				Fecha Objetivo	Fecha Cumplido	
	Realizó	Verifico	Costo			
Reajustar manija para lograr apertura interior en Camara n°1	Especialista	Jefe de Planta	-		06/04/2018	
Se acondicionan bores y cantos de los marcos de las puertas de acceso de las cámaras.	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-		14/04/2018	
Pintura de rejillas de equipo de frío	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	may-18	01/06/2018	
Se cambia chapa de ingreso en cámara n° 1	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	may-18	01/06/2018	
Piso de cámara saltado	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	may-18	01/06/2018	
Limpieza de equipo de frío	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	13-ago	13/08/2018	
Limpieza profunda de paleta de ventiladores	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	oct-18	nov-18	
Piso de cámara roto	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	mar-19	22/03/2019	
Cambio de chapa de ingreso a antecámara	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	mar-19	22/03/2019	
reparar ventilador de equipo de frio	Especialista	Jefe de Planta	-	mar-19	28/03/2019	
Cambiar burlete de puerta de ingreso a cámara	Especialista	Jefe de Planta	-	jul-19	29/07/2019	
Tapar hueco en techo de cámara	Mantenimiento Gral.	Jefe de Planta	-	jul-19	22/07/2019	

➤ **Detalles constructivos de las cámaras**

Se especifican los elementos definidos previamente en el apartado teórico.

Tabla 3 - Capítulo IV - Detalles constructivos 01

Equipo	Dimensiones	Revestimiento de paredes y pisos	Puerta	Elementos eléctricos y de control	Observaciones
Cámara 1 - Principal	6 x 4 m	Paneles aislantes PVC. Piso de mosaico granítico.	Acero Inoxidable	Tablero eléctrico con revisión vigente.	Recubrimiento aislante de puerta muestra desgaste

➤ **Equipo de frío – Ficha técnica**

Tabla 4 - Capítulo IV - Ficha técnica 01

Ficha Técnica equipo de frío			
	Código: EQ 01		Fecha:
	Relevamiento de equipos		
Descripción	Para aplicaciones comerciales de Media Temperatura y Baja Temperatura. Aptas para interior, Gabinete en chapa galvanizada con pintura epoxi anticorrosión, Bajo nivel sonoro, Compactas, bajo peso y fácil de transportar, Presostato de Seguridad de alta y baja presión, Presostato de baja presión regulable, Filtro y visor en línea de líquido, Tubo Recibidor, Bornera de conexión identificada y de fácil acceso		
Evaporadores		Unidad condensadora	
Modelo	-	Modelo	FCU 4540 T
Marca	-	Marca	L'unité hermetique
Cód. Inventario	-	Cód. Inventario	EQ 01
N° Serie	-	N° Serie	I15401
Ubicación	Cámara 1	Ubicación	Techo
Especificaciones Técnicas Evaporador		Especificaciones técnicas Unidad condensadora	
Tensión	-	Tensión	380 - 50 Hz
Potencia	-	Potencia	3 HP
Refrigerante	-	Capacidad Base	4418 kcal/h
Carga	-	Lubricante	POE
L máx.	-	Forzador	2 x 350 mm
LRA	-	Refrigerante	R404A / R22
Dt	-		
Ventiladores.	2 x 350 mm		
T° Evaporación	-		

En este equipo, el evaporador instalado en la cámara es de data antigua, lo que dificultó la identificación del mismo. No se encontró ninguna placa identificadora por lo que la información que pudo reunirse fue de la unidad condensadora. Si bien el evaporador no pudo identificarse, las tareas de mantenimiento que se definirán posteriormente, se harán extensivas a todos los equipos por igual.

Cámara 2 – Congelados1 – EQ-02

➤ **Historial de mantenimiento:**

Se puede ver que en este documento se detallan principalmente tareas de tipo correctivas.

Este equipo cuenta con diversas tareas realizadas por un tercero en el año 2018, en las cuales detalla actividades que están definidas en el programa actual de mantenimiento, como ser cambio de filtros, cambio de gas refrigerante, cambio de

aceite. Luego se registran distintas actividades de mantenimiento general del recinto de la cámara.

Tabla 5 - Capítulo IV - Historial de Mantenimiento 02

	HISTORIAL DE MANTENIMIENTO			R-7.1.3-3 Rev 02	
				Dirección Archivo:	
Código: EQ-02		Máquina o sitio : Cámara 2			
Sitio:	Pasillo cocina				
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA REALIZADA				Fecha Objetivo	Fecha Cumplido
	Realizó	Verifico	Costo		
Cambio de moto compresor, filtro, alta presión contacto y ventilador, gas refrigerante en Equipo de frío de cámaras EQ02	Especialista	Jefe de planta	-		06/01/2018
cambio de aceite , cambio de filtro, control de carga de refrigerante en Equipo de frío de cámaras EQ02.	Especialista	Jefe de planta	-		29/03/2018
Se acondicionan bordes y cantos de los marcos de las puertas de acceso de las cámaras.	Mantenimiento Gral.	Jefe de planta	-		14/04/2018
Diseñar rampa de ingreso a cámara	Mantenimiento Gral.	Jefe de planta	-	ago-19	29/08/2019
limpiar equipo, pisos y techos	Mantenimiento Gral.	Jefe de planta	-	31/05/2019	31/05/2019
Cambiar luminaria	Mantenimiento Gral.	Jefe de planta	-	ago-19	30/08/2019
Tapar hueco de marco de puerta a mano izquierda	Mantenimiento Gral.	Jefe de planta	-	dic-20	03/2021
Cambio de puerta de cámara	Especialista	Jefe de planta	-	dic-20	03/2021

➤ **Observaciones:**

Es importante destacar las tareas realizadas sobre los elementos constructivos de las cámaras, ya que estos hacen a la eficiencia en la conservación de la temperatura interna de las mismas, por lo que este puede ser un factor importante a tener en cuenta en los relevamientos preventivos del estado de los equipos.

➤ **Equipo de frío**

Tabla 6 - Capítulo IV - Ficha técnica 02

Ficha Técnica equipo de frío			
	Código: EQ 02		Fecha:
			Relevamiento de equipos
Descripción	Equipo para baja temperatura. Compresor Hermético L'Unite Hermetique. Equipo de frío para baja temperatura (-15° a -25°). Desescarche automático por resistencias eléctricas o gas caliente (s/modelo). Presostatos de seguridad en Alta y Baja Presión. Resistencia eléctrica en Cañería de desagüe. Control de presión de condensación mediante presostato.		
Evaporadores		Unidad condensadora	
Modelo	ICSK 750B	Modelo	ICSK 750B
Marca	Technocold	Marca	L'Unite Hermetique
Cód. Inventario	EQ 02	Cód. Inventario	EQ 02
N° Serie	115279	N° Serie	115279
Ubicación	Congelados1	Ubicación	Techo
Especificaciones Técnicas Evaporador		Especificaciones técnicas Unidad condensadora	
Tensión	380 V - 75 Hz	Tensión	380 V - 75 Hz
Potencia	9,8 KW	Potencia	7,5 HP
Refrigerante	R 404 A	Capacidad Base	4100 kcal/h
Carga	7 Kg	Lubricante	R 404 A
L máx.	22 A	Condensador	2 x 500 mm
LRA	75 A	Caudal de aire	11800 m3/h
Dt			
Ventiladores.	2 x 350 mm		
T° Evaporación	-		

Al analizar los distintos historiales de los equipos, se encontraron fallas que se repiten frecuentemente. Estas corresponden a cambio por rotura de motores forzadores de distintos equipos, cambio de válvula solenoide y recambio de tuberías y cambio de compresores.

4.3.3 Análisis y evaluación de equipos:

Todos los equipos cuentan con las unidades condensadoras al exterior, lo que significa que estos equipos están expuestos a las condiciones climáticas y ambientales sin mucha protección más que estructuras para reducir el impacto del sol y las precipitaciones. Si bien no se encontraron contraindicaciones de instalarlos en estas condiciones, hay que tener en cuenta que son más propensos a degradarse debido a las condiciones ambientales. Esto requiere que se realicen tareas para prevenir que estas circunstancias afecten anticipadamente las piezas de los equipos, proveyéndoles una buena limpieza, lubricación y mantención de sus partes. Cabe agregar también que estos se encuentran instalados en el techo de la planta, y separados por una distancia considerable entre cada uno, lo que deberá ser tenido en cuenta dentro del tiempo dedicado a los recorridos de mantenimiento del plan.



Imagen 26 - Capítulo IV - Unidad condensadora EQ 01

En cuanto a los evaporadores, el sistema provisto para evacuar líquido resultante de la condensación de la cámara es rudimentario, en el cual el líquido condensado es recolectado mediante caños hacia contenedores móviles como bidones. Esto no debiera representar mayores complicaciones, ya que la cantidad de fluido que escurre es poco, pero si puede presentar complicaciones en el trato del espacio físico de la cámara.



Imagen 27 - Capítulo IV - Evaporador 01

En este caso de estudio, los elementos de control del correcto funcionamiento del recinto son principalmente termostatos por sonda, los cuales el área de calidad se encarga de mantener en correcto funcionamiento con calibraciones periódicas. A su vez, los termómetros “pincha carne” son utilizados para controlar las temperaturas de los alimentos. Este es un importante factor de vigilancia y seguimiento de la temperatura de los productos que permite evidenciar anticipadamente alguna deficiencia en el funcionamiento normal del sistema.

Estos son los parámetros de control relevados actualmente, los cuales son registrados diariamente en una planilla de control de temperatura.

Como hemos descrito anteriormente, se tomará como alcance del trabajo al análisis de las cámaras y los equipos que constituyen el sistema de refrigeración. Se analizarán de acuerdo a la prioridad funcional de cada elemento que la compone. Se realizarán los desarrollos sobre un activo y luego se hará extensivo al resto, de forma de no sobre extender el análisis.

Por otra parte, los elementos de control, vitales para la correcta operación de los equipos, serán estudiados de acuerdo a la importancia que representan y se supondrán como elementos similares, recibiendo un trato diferenciado en el momento del desarrollo del plan de mantenimiento.

4.3.4 Proceso de diagnóstico

Para comenzar con la definición de un plan de mantenimiento preventivo, se debe realizar un diagnóstico integral de los equipos comprendidos en el plan, esto significa que: Si bien el estado de los equipos fue descrito previamente de forma cualitativa, a la hora de implementar un plan de mantenimiento preventivo, es necesario realizar un diagnóstico profundo de cada equipo.

Antes de que el sistema sea puesto en marcha en su totalidad de forma permanente, es indispensable que todo el equipo sea inspeccionado. Para esto, debe realizarse un diagnóstico integral de funcionamiento y de cada parte del mismo. Este diagnóstico dará como resultado las tareas que deberemos realizar sobre los equipos, para que sea considerado seguro su puesta en marcha y funcionamiento confiable.

Se habla de tareas de puesta a punto, y estas actividades facilitan que el punto de partida del funcionamiento del sistema y su posterior funcionamiento sean coherente entre sí, facilitando el seguimiento y estudio del rendimiento del plan aplicado. Este procedimiento de diagnóstico será descrito brevemente con el objetivo de brindar una base metodológica sobre la cual considerar en el armado e implementación del plan de mantenimiento. Deberá determinar el estado de los elementos comprobando cada una de sus partes funcionales, utilizando procedimientos y medios adecuados para realizar su valoración. Las tareas comprendidas en dicho diagnóstico serán:

1. Medición de consumo eléctrico
 - a. Potencia absorbida por el compresor dentro de los rangos de diseño
2. Análisis de vibraciones
 - a. Ningún ruido sospechoso ni vibraciones anormales.
3. Mediciones de temperaturas
 - a. Temperatura alcanzada y mantenida en el recinto refrigerado.
 - b. Temperatura de vaporización dentro del rango de diseño.
 - c. Temperatura de condensación dentro del rango de diseño.
 - d. Diferencias de temperaturas normales en los intercambiadores.
 - e. Sub enfriamiento normal en el condensador.
 - f. Recalentamiento normal en el evaporador.
4. Detección de fugas de aceite o refrigerantes
5. Limpieza completa
6. Presión de descarga dentro del rango de diseño.
7. Se verifica el estado de soportes, anclajes y elementos anti vibratorios de sustentación de motores y compresores.
 - a. Se comprueban el estado y el funcionamiento de los elementos de control y regulación y se reajustan
8. Sustitución de todos los elementos sometidos a desgaste

Estas tareas corresponden a un tipo de mantenimiento de alta disponibilidad que, para llevarse a cabo, conllevan grandes esfuerzos técnicos y económicos por lo que no será estudiado en mayor profundidad en el alcance de este proyecto.

4.3.3 Listado de equipos y sistemas funcionales:

Se elaborará una tabla resumen de los equipos de acuerdo a los lineamientos planteados anteriormente. En anexos (*Tabla 23*) se podrá observar la totalidad de los equipos aquí estudiados.

De manera de proveer una identificación de los elementos, se propone definirlos de la manera: **ACTIVO** (hace referencia a la denominación vigente de la empresa) - **EQUIPO** (define el tipo de equipo que representa: si corresponde a la unidad condensadora, al evaporador o a otros.)– **ELEMENTO** (hace referencia a los elementos críticos) para posteriormente poder determinar las tareas de manera precisa.

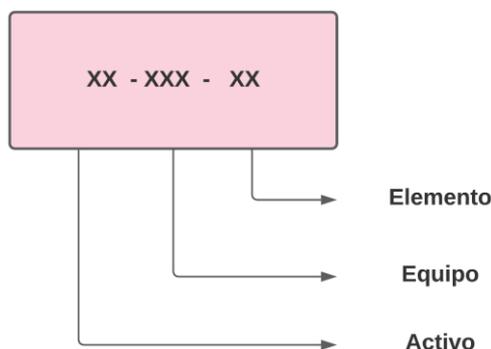


Imagen 28 - Capítulo IV - Codificación de equipos

Tabla 7 - Capítulo IV - Ejemplo de identificación de equipos y elementos

Código Activo	Equipo	Código elemento	Elemento
EQ 01	Cámara 01	UC - Comp	Compresor
		UC - Cond	Condensador
		UC - Evap	Evaporador
		EV - Elect	Elementos eléctricos
		EV- VE	Válvula de expansión
		Ot - VS	Sistema de control (Válvula. solenoide)
		EC - Term	Termostato
		Ot - CRef	Circuito de refrigerante

4.3.4 Criticidad de equipos

Al estudiar equipos funcionalmente similares, la clasificación adoptada para este análisis será de índole productiva.

No se debe perder de vista que la función principal de estos equipos es ser capaz de refrigerar un recinto determinado a cierta temperatura. Para esto es necesario que una serie de dispositivos funcionen correctamente. Teniendo esto en claro, es que se realizó previamente un estudio de los componentes definidos como primordiales y secundarios de un equipo de frío.

En este trabajo, el análisis de la criticidad de los equipos se encuentra acotado a los componentes imprescindibles de un sistema de frío. Se definió adoptar este enfoque debido a las propiedades funcionales de los elementos que lo componen. A grandes rasgos, esto corresponde a entender que la naturaleza de los componentes reunidos bajo la definición de cámara de frío (elementos constructivos, de control y el sistema generador de frío) no encuadran bajo un mismo análisis de criticidad con los mismos parámetros, y que un mal funcionamiento de estos no se traducirán directamente en interrupciones de servicio o fallas graves. Esta metodología permitirá establecer la jerarquía de los elementos del sistema, creando una estructura que facilitará el direccionado de los esfuerzos de mantenimiento donde sea preciso.

Según García Garrido en su libro “Organización y gestión integral de mantenimiento”, se pueden distinguir distintos niveles de criticidad:

- **Equipos críticos:** Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- **Equipos importantes:** Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- **Equipos prescindibles:** Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Los criterios adoptados en este caso serán según la afectación de distintos parámetros predefinidos que alteran la operación normal del equipo y del mantenimiento de los mismos y a cada uno de estos se le da un peso relativo. Estos son:

- ❖ **Producción:** Responde a la pregunta de cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.
- ❖ **Calidad:** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.

- ❖ **Mantenimiento:** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o, por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.
- ❖ **Seguridad y medio ambiente:** Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

Tabla 8 - Capítulo IV - Parámetros de criticidad (García Garrido).

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción	Es clave para la calidad del producto	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Tabla 9 - Capítulo IV - Parámetros de estudio de criticidad

Criterios y valores		Seguridad y medioambiente		Producción		Calidad		Mantenimiento		100 - 80	A
		Ponderación		Ponderación		Ponderación		Ponderación			
		A	5	A	5	A	5	A	5	< 40	C
		B	3	B	3	B	3	B	3		
		C	1	C	1	C	1	C	1		
Peso Relativo		3		5		5		3		Resultado	
Elementos del equipo	Código	Ponderación Impacto	Ponderación Impacto	Ponderación Impacto	Ponderación Impacto	Ponderación Impacto	Ponderación Impacto	Ponderación Impacto	Valor Obtenido	Criticidad Adoptada	
Compresor	EQ # - UC - Comp	5	5	5	5	5	5	5	80	A	
Condensador	EQ # - UC - Cond	5	5	5	5	5	5	5	80	A	
Evaporador	EQ # - UC - Evap	5	5	5	3	3	5	5	70	B	
Termostato	EQ # - EC - Term	1	5	5	5	5	1	1	56	B	
Sistema de control (Válv. solenoide)	EQ # - Ot - VS	3	3	3	3	3	3	3	48	B	
Válvula de expansión	EQ # - EV- VE	3	3	3	1	1	3	3	38	C	
Circuito de refrigerante	EQ # - Ot - CRef	5	1	1	1	1	1	1	28	C	
Elementos eléctricos	EQ # - EV - Elect	1	1	1	1	1	1	1	16	C	

4.3.5 Fallos funcionales, técnicos y modos de fallos

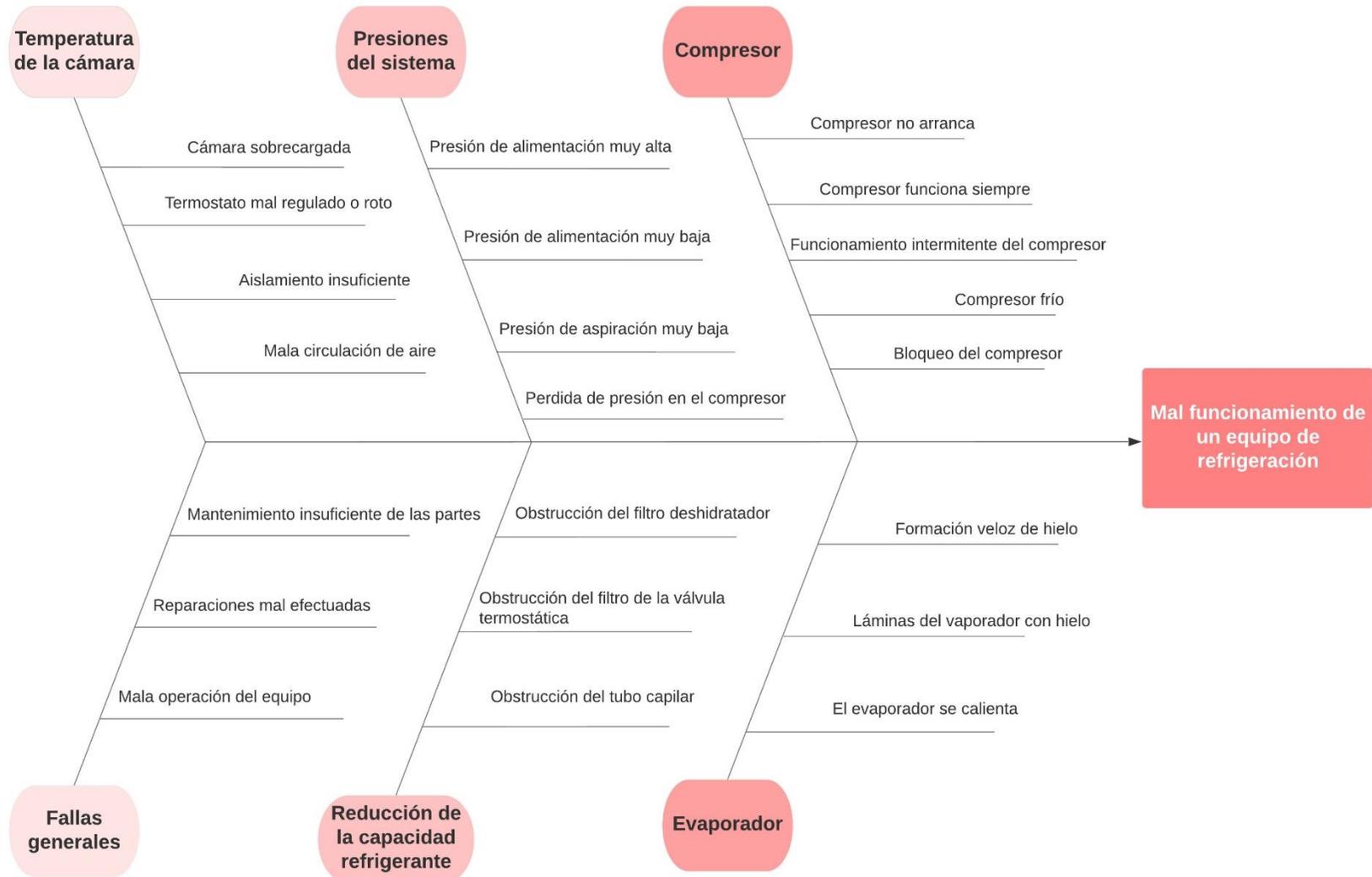
Luego de la investigación realizada y la información recopilada, se representan los fallos más frecuentes que podemos encontrarnos en equipos de frío, sus causas y posibles soluciones. Este análisis permitió centrar el estudio en aquellas fallas que serán de mayor importancia controlar. Estos fallos frecuentes son de gran utilidad para los técnicos y operarios de mantenimiento que ejecutarán el plan, ya que permite observar rápidamente los síntomas, analizar las causas y determinar si es factible una reparación inmediata, o si debe solicitarse un servicio de mantenimiento más específico. La tabla completa de análisis de fallos se proveerá en anexos.

Tabla 9 - Capítulo IV - Estudio de fallos

Síntoma	Causa	Solución
1) El compresor no arranca	a. Fusibles quemados b. Motor o compresores rotos c. Termostato roto o registrado muy alto d. Presostato de alta o de baja abiertos e. Válvula solenoide cerrada f. Presostato del aceite Abierto g. Térmico del motor abierto	a. Cambiarlos b. Cambiarlos c. Cambiarlo o regularlo d. Conectarlos nuevamente, descubrir por qué se abrieron y eliminar la causa e. Cambiar la bobina quemada f. Conectarlo y controlar el nivel g. Antes de conectarlo nuevamente, buscar la causa y eliminarla
...		

Esto es fácilmente visualizado en un diagrama de causa raíz como el siguiente, donde se pueden visualizar las distintas categorías, sus causas y su efecto (el problema detectado).

Imagen 29 - Capítulo IV - Diagrama de causa raíz (Manual general de Refrigeración)



4.3.6 Definición de tareas del plan

Como el presente trabajo se centra en la definición de un plan de mantenimiento, se distinguirá en esta el tipo de actividad destinada a la preservación periódica dada, principalmente, por servicios menores a los equipos. Estos pueden ser tales como la lubricación, limpieza y una serie de trabajos que hacen posible que la maquinaria no se degrade prematuramente. Estas tareas, según la Norma AFNOR FD X 60-000 son una caracterización de la complejidad de las acciones de mantenimiento limitada a la complejidad de los procedimientos y/o la complejidad de utilización o de implementación de los equipamientos de apoyo necesarios. Se debe notar que:

- Las acciones de los tres primeros niveles necesitan un conocimiento cada vez más profundizado de los materiales y de un sistema dados; éstas deben ser explicitadas y detalladas en la documentación.
- Las acciones relativas a los cuarto y quinto niveles son relativas a técnicas o tecnologías particulares que pueden ser comunes a varios materiales o sistemas.

- 1. Tareas de primer Nivel:** Acciones simples necesarias a la explotación y realizadas sobre elementos fácilmente asequibles en toda seguridad con ayuda de equipamientos de apoyo integrados al bien.
 - a. Revisión e inspección
 - i. Visuales
 - ii. Auditivas
 - b. Verificación de condiciones
 - c. Limpieza
 - i. Sistemáticas
 - ii. Según condición
 - d. Programa de pruebas
 - e. Control de instrumentos
- 2. Tareas de segundo Nivel:** Acciones que necesitan de los procedimientos simples y/o de los equipamientos de apoyo (integrados al bien o externos) de utilización o de implementación simples.
 - a. Reparaciones técnicas específicas
- 3. Tareas de tercer Nivel:** Operaciones que necesitan procedimientos complejos y/o equipamiento de apoyo de utilización o de implementación complejos.
- 4. Tareas de cuarto Nivel:** Operaciones cuyos procedimientos implican el manejo de una técnica o tecnología particular y/o la implementación de equipamientos de apoyo especializado.
- 5. Tareas de quinto Nivel:** Operaciones cuyos procedimientos implican un know-how, que requiere de técnicas o tecnologías particulares, de procedimientos y/o equipamientos de apoyo industriales.

De acuerdo a García Garrido, es posible establecer los tipos de tareas de las cuales debe componerse un plan de mantenimiento, estas son:

Tabla 10 - Capítulo IV - Tipo de tareas

Tipo de tareas	Tareas
Tipo 1	Inspecciones Visuales
Tipo 2	Lubricación
Tipo 3	Verificaciones en funcionamiento
Tipo 4	Verificaciones en detenimiento: a. Mediciones de temperatura b. Mediciones de vibraciones c. Mediciones de consumo eléctrico
Tipo 5	Limpieza Condicional
Tipo 6	Ajustes Condicionales
Tipo 7	Limpieza Sistemática
Tipo 8	Ajustes sistemáticos
Tipo 9	Sustitución de piezas
Tipo 10	Grandes revisiones y sustituciones

- *Tipo 1: Inspecciones visuales:* Estas inspecciones visuales suponen un costo muy bajo, por lo que se encuentra redituable que se den periódicamente.
- *Tipo 2: Lubricación.* Igual que en el caso anterior, las tareas de lubricación, no representan grandes esfuerzos técnicos y económicos.
- *Tipo 3: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line):* Este tipo de tareas consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo. Son, por ejemplo, la verificación de alarmas, la toma de datos de presión, temperatura, vibraciones, etc. Este tipo de verificaciones son cruciales para el correcto funcionamiento de los equipos. En caso de que al realizar este tipo de verificaciones se detecte alguna anomalía, se debe proceder de acuerdo a acciones definidas previamente.

En el caso de la temperatura de cámara, como mencionamos previamente, este es regido por Normas BPM en las cuales se especifica los rangos de temperatura a mantener dentro de los recintos.

- *Tipo 4: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos externos del equipo:* Tareas orientadas hacia determinar si el equipo cumple con especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales. Podemos dividir estas verificaciones en dos categorías:
 - Las realizadas con instrumentos sencillos, como pinzas amperométricas, termómetros por infrarrojos, tacómetros, vibrómetros, etc.
 - Las realizadas con instrumentos complejos, como analizadores de vibraciones, detección de fugas por ultrasonidos, termografías, análisis de la curva de arranque de motores, etc.

- *Tipo 5: Limpiezas técnicas condicionales*, dependiendo del estado en que se encuentre el equipo.
- *Tipo 6: Ajustes condicionales*, dependiendo de que el equipo haya dado síntomas de estar desajustado.
- *Tipo 7: Limpiezas técnicas sistemáticas*, realizadas cada cierta hora de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar cómo se encuentre el equipo.
- *Tipo 8: Ajustes sistemáticos*, sin considerar si el equipo ha dado síntomas de estar desajustado.
- *Tipo 9: Sustitución sistemática de piezas*, por horas de servicio o por fecha de calendario, sin comprobar su estado.
- *Tipo 10: Grandes revisiones*, con la sustitución de todas las piezas sometidas a desgaste.

Para el caso de un mantenimiento planificado, se optará por plasmar tareas de tipo condicionales y aquellas basadas en tiempo de operación, además de aquellas definidas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos.

La propuesta del mantenimiento se articulará de la siguiente manera:

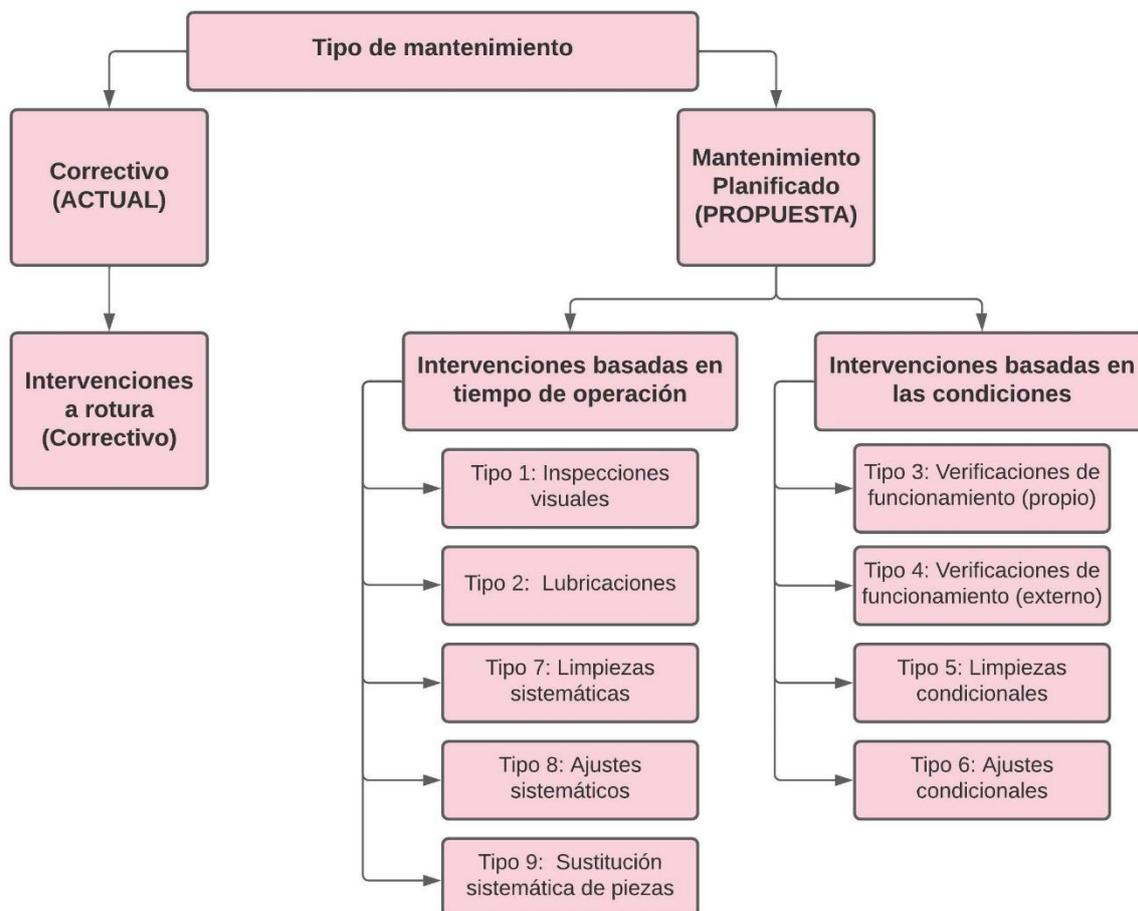


Imagen 30 - Capítulo IV - Propuesta de mantenimiento (García Garrido)

De acuerdo a lo mostrado en los fallos funcionales más frecuentes y según la información recolectada, es que se definirán las tareas adecuadas para componer un plan de mantenimiento preventivo. Estas serán agrupadas según especialidades, ya sean mecánicas, eléctricas, de instrumentación o estructurales.

A continuación, se muestra un extracto de la tabla de tareas como ejemplo, la tabla completa se proveerá en anexos.

Tabla 11 - Capítulo IV - Definición de tareas del plan

Propuesta tareas de Mantenimiento Planificado - Cámaras frigoríficas RODEL SA						
Equipo	Elemento	Comprobación	Tarea propuesta	Código	Tipo de tarea	Periodicidad
Compresor	Dispositivos de seguridad	Verificación	Operativos y ajustados correctamente	C-1	Mecánica	Semestral
	Conexiones eléctricas	Abrochado correctamente	Ajuste	C-2	Eléctrica	Semestral
		Consumo eléctrico	Medición	C-3	Eléctrica	Anual
	Unidad completa	Obstrucciones	Comprobar obstrucciones	C-4	Autónomo	Anual
		Limpieza	Eliminar suciedad y verificar la ausencia de óxido y oxidación en los componentes	C-5	Autónomo	Trimestral
	Aceite del compresor	Fugas/hermeticidad	Detección, registro	Ac-1	Autónomo	Semestral
		Nivel	Comprobar nivel óptimo	Ac-2	Autónomo	Mensual
			Reponer/cambiar aceite	Ac-3	Mecánica	Anual
			Medir acidez de aceite	Ac-4	Mecánica	Anual
Evaporador	Evaporador	Evitar congelamiento en el evaporador	Revisión	Ev-1	Autónomo	Mensual
		Limpieza	Ev-2	Autónomo	Mensual	
	Bandeja de condensación	Limpieza	Desinfección con un tratamiento germicida	Ev-3	Autónomo	Trimestral
Condensador.	Condensador	Revisión	Inspección visual	Cond-1	Autónomo	Mensual
		Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	Cond-2	Autónomo	Mensual
Válv. Expansión	Válvulas de expansión termostáticas	Verificación de funcionamiento	Limpieza	Vt-1	Autónomo	Semestral
			Cambio de la válvula	Vt-2	Mecánica	Anual

Tabla 12 - Capítulo IV - Referencia de códigos de elementos.

Código Elemento	Referencia
<i>C</i>	Compresor
<i>Ac</i>	Aceites
<i>Vt</i>	Válvulas termostáticas
<i>Ev</i>	Evaporador
<i>Cond</i>	Condensador
<i>EE</i>	Elementos eléctricos
<i>T</i>	Temperaturas y elementos de medición
<i>Pr</i>	Presostatos
<i>Vs</i>	Válvula solenoide
<i>Ss</i>	Sistemas de seguridad
<i>Vs</i>	Válvula de seguridad
<i>Ci</i>	Circuito de gas refrigerante
<i>Tub</i>	Desagües
<i>Inf</i>	Infraestructura

En el caso de los termostatos, las tareas de calibración a realizar sobre estos elementos dependen del área de calidad, la cual se encarga de realizarlas de acuerdo a un cronograma establecido por la dirección. Es por esto que se anticipó que estos recibirían un trato diferenciado dentro del plan.

El funcionamiento adecuado de los elementos de control es la principal herramienta de detección de fallas en los recintos frigoríficos y permite la vigilancia de parámetros vitales para la correcta operación en general. Esta vigilancia se realiza a través de una planilla en la que se registran las temperaturas del visor del termostato y del interior de la cámara y son realizados por la jefa de planta, es decir, por el personal de operaciones. La calibración de estos elementos es sencilla y puede realizarse adecuadamente por el personal indicado por el área de calidad.

Dicho esto, dentro de las tareas de mantenimiento de los elementos de seguridad se incluirán estas actividades que dependen de otras áreas, pero que es vital para el desempeño del plan de mantenimiento desarrollado.

4.3.7 Programación del mantenimiento: tareas y frecuencias

La planificación del mantenimiento consiste en determinar la frecuencia de la realización de las tareas, los responsables y la fecha de inicio de los trabajos. De esta forma, se propone una planilla en la cual se podrá llevar un control sobre las tareas a realizar, su responsable y su estado. Estas tareas, mencionadas anteriormente, podrán programarse de acuerdo a distintos factores presentes en la lista, de forma de proveer una herramienta útil de gestión.

En cuanto a la determinación de la frecuencia con la que deben realizarse las tareas de mantenimiento propuestas, se hará en base a la opinión de expertos y a la información disponible.

La ejecución de las tareas en la frecuencia determinada, dará como resultado las rutas de mantenimiento definidas para cada frecuencia/equipo. De esta forma, se irán conformando circuitos cada vez más eficaces para el control y verificación de los equipos.

La programación de las tareas propiamente dicha, se dará al definir un responsable, una fecha de inicio y dará como resultado la siguiente programación de tareas en la cual se muestra el código de las tareas a modo de ejemplo para demostrar la continuidad de una tabla con la otra.

Tabla 13 - Capítulo IV - Tareas y frecuencias

Activo	Elemento	Comprobación	Tarea	Código	Responsable	Semana Inicial
Cámara de congelado EQ 02 (Cámara 2 - Congelados 1)	Dispositivos de seguridad	Verificación	Operativos y ajustados correctamente	C-1	Especialista frigorífico	17
	Conexiones eléctricas	Abrochado correctamente	Ajuste	C-2	Electricista	17
		Consumo eléctrico	Medición	C-3	Electricista	17
	Unidad completa	Obstrucciones	Comprobar obstrucciones	C-4	Operario mantenimiento	17
		Limpieza	Eliminar suciedad y verificar la ausencia de óxido y oxidación en los componentes	C-5	Operario mantenimiento	17
	Aceite del compresor	Fugas/hermeticidad	Detección, registro	Ac-1	Operario mantenimiento	17
		Nivel	Comprobar nivel óptimo	Ac-2	Operario mantenimiento	17
			Reponer/cambiar aceite	Ac-3	Especialista frigorífico	17
		Acidez	Medir acidez de aceite	Ac-4	Especialista frigorífico	17
	Válvulas de expansión termostáticas	Verificación de funcionamiento	Limpieza	Vt-1	Operario mantenimiento	17
			Cambio de la válvula	Vt-2	Especialista frigorífico	17
	Evaporador	Evitar congelamiento en el evaporador	Revisión	Ev-1	Operario mantenimiento	17
			Limpieza	Ev-2	Operario mantenimiento	17
	Bandeja de condensación	Limpieza	Desinfección con un tratamiento germicida	Ev-3	Operario mantenimiento	17

Como resultado se obtiene el plan, con las tareas, responsables de ejecución y fecha estimada de realización, en este caso la semana 17, que corresponde a la segunda semana de abril de 2021.

De forma que pueda apreciarse y entenderse la misma planilla, se presenta en el actual formato, con la codificación de las tareas en un extremo. Esta programación debe encontrarse contigua a la *tabla 14* de forma de facilitar la visualización de la misma.

La ejecución se dará a partir de distintas rutas de mantenimiento a la vez que se irán detectando mejoras a introducir en cuanto a las frecuencias, a las tareas que no aportan beneficio en el estado de la instalación o aquellas que consumen demasiado tiempo y resultan costosas. También se irán introduciendo aquellas tareas que no fueron valoradas adecuadamente en el proceso de planificación y que aparecen como necesarias.

Es por esto que es necesario fijar con exactitud los rangos que entenderemos como normales para cada uno de los puntos que se trata de verificar, fuera de los cuales se precisará una intervención en el equipo. También será necesario detallar cómo se debe actuar en caso de que la medida en cuestión esté fuera del rango normal. Esto se deberá retroalimentar del expertise de los técnicos encargados de realizar los procesos de diagnóstico o las tareas tercerizadas, de forma de ir completando los procedimientos y estándares de cada parámetro. En otras ocasiones, es el mantenimiento correctivo es el que genera modificaciones en el Plan de Mantenimiento: el análisis de determinados fallos de los equipos añade nuevas tareas a realizar, para evitar que los mismos se repitan.

4.3.8 Ordenes de trabajo preventivas

Estas suelen denominarse rutas de inspección o rutas de mantenimiento. Serán las guías en la realización de las tareas y por lo tanto son esenciales para alcanzar las metas deseadas. Estas se generan a partir de la programación y proveen información para la ejecución y permite un agrupamiento de tareas según especialidad, o frecuencia de realización de las mismas. Estas Rutas de Mantenimiento deben ser completadas con la redacción de un informe en el que se detallan todas las anomalías y fallas encontradas y todas las reparaciones que se han efectuado o que son necesarias.

Este formato facilita la visualización de las rutas de acuerdo lo que se disponga, en caso que se prefiera observar las rutas según el criterio elegido. En este caso, mostraremos un ejemplo de una ruta de mantenimiento de un equipo ordenada de acuerdo a su frecuencia de realización. Esto, a su vez, facilita el planteo de las rutas de mantenimiento de acuerdo a la criticidad de los elementos componentes planteada anteriormente.

Para la realización de estas rutas, debe tenerse en cuenta el calendario productivo de la planta, ya que las tareas que requieren intervenciones sobre equipo, deben realizarse con el mismo detenido.

Tabla 15 - Capítulo IV - Orden de trabajo preventivo / Ruta de mantenimiento

		RUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVA			Frecuencia: Mensual	Código Orden: RM 00	
Instalación a revisar:		Equipo de frío cámara N° #					
Operario:			Fecha:				
Hora inicio:		Hora Final:		T. Estimado:	110	min	
Herramientas:				Equipos de protección:			
Riesgos del Trabajo:							
Materiales:							
Equipo	Elemento	Tarea	Actividad	Tiempo (min)	Código	Estado	Rango Normal
Cámara frigorífica. (Principal - Techo 1)	Aceite del compresor	Nivel	Comprobar nivel óptimo	10	Ac-2		
	Evaporador	Evitar congelamiento en el evaporador	Revisión	5	Ev-1		
			Limpieza	20	Ev-2		
	Condensador	Revisión	Inspección visual	5	Cond-1		
		Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	30	Cond-2		
Rejillas de ventilación y aireadores	Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	40	Inf-5			
Observaciones:							

Tras la realización de todas las rutas es conveniente rellenar un Parte de Incidencias, en el que se reflejen todas las anomalías observadas en los equipos. A partir de esa parte, el responsable de mantenimiento deberá emitir tantas Órdenes de Trabajo como anomalías se hayan encontrado. Estas órdenes de trabajo, se conformarán de modo de aviso que se requieren acciones adicionales sobre el equipo, lo que a su vez alimentarán los registros históricos de intervenciones de los equipos.

En estos documentos se registrarán tareas, recursos, herramientas, resultados y tiempos requeridos para la realización de las tareas programadas. Los resultados de estos, permitirán un control de los recursos empleados para llevar a cabo el plan de mantenimiento.

Es conveniente recoger todas las incidencias encontradas, tanto en la realización de todas las rutas de mantenimiento, como en la operación normal de estos equipos, en un único informe, que se denominará "Parte de Incidencias". En este último caso, se deberá reportar al mando intermedio de mantenimiento (Responsable de mantenimiento) de la planta, para que realice el reporte de dicha incidencia en la planilla. En caso contrario, el personal operativo de planta requerirá mayor intervención y capacitación para realizar esta tarea, ya que en estos partes de incidencias se deben detallar todos los parámetros observados fuera de rango, todas las observaciones referentes a fugas, vibraciones y ruidos anómalos, y todas las observaciones que se consideren de interés.

Se realizará el debido seguimiento mediante la codificación plasmada en la ruta de mantenimiento de forma de controlar la realización de las tareas correspondientes en el parte de incidencias.

En N° de orden se vinculará con la orden de trabajo que detectó la presente anomalía. El estado hará referencia a si esta anomalía fue resuelta (orden cerrada) o no (orden abierta). En la prioridad se establecerá la urgencia con la que debe resolverse dicha anomalía. El resto de las columnas se irán rellenando con la información correspondiente.

4.3.8 Plan de seguimiento

La planificación y el registro de las tareas realizadas o anomalías encontradas facilitará llevar un control del desempeño del programa.

El responsable de mantenimiento será el encargado de emitir las órdenes para hacer cumplir la programación del plan, a la vez que deberá supervisar que las tareas se hayan cumplido en tiempo y forma. Estos registros deberán ser analizados y procesados de forma de poder transformar los datos recolectados en información que retroalimente el proceso de mantenimiento.

En el siguiente diagrama, se evidencia el proceso a seguir una vez se encuentra realizada previamente la planificación de las tareas. De encontrarse una anomalía al realizarse las actividades programadas o en la operación normal de los equipos, deberá informarse al responsable de mantenimiento de forma de que se tome una decisión para solucionar el inconveniente detectado.

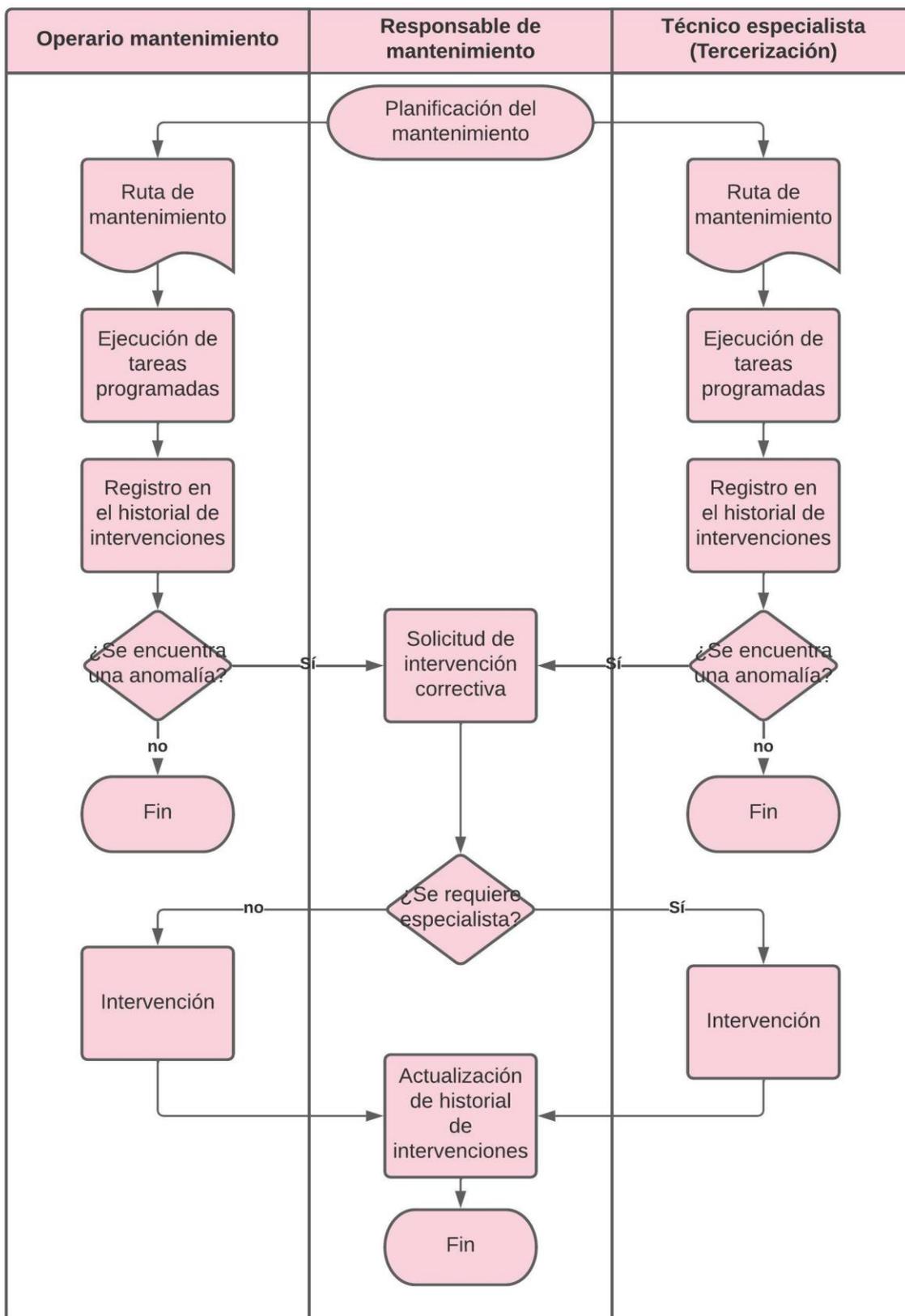


Ilustración 1 - Capítulo IV - Flujograma de realización de tareas

Uno de los aspectos importantes a desarrollar en este proyecto será el método por el cual logremos transformar los datos recolectados, en información útil para la toma de decisiones y el seguimiento de las acciones ejecutadas. Esto permitirá tener herramientas para poder vigilar el funcionamiento y eficacia de las actividades del plan de mantenimiento.

Para esto, se deberá definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo y lograr un procesamiento tal de estos datos de manera de poder determinar indicadores que posteriormente servirán de soporte, guía y evaluación de la gestión del mantenimiento. Estos son los indicadores clave de desempeño.

4.3.9 Indicadores para el seguimiento del desempeño del mantenimiento – KPI

Para proponer las métricas a utilizar, se utilizará la técnica SMART: Specific, Measurable; Attainable; Relevant; Timely. Es decir, la estrategia debe ser: específica, dando prioridad a los indicadores clave de rendimiento (KPI) sencillos. Mensurable, para poder contabilizar, cuantificar y comparar con los objetivos definidos en cifras. Alcanzable, para no establecer objetivos por encima de la capacidad de ejecución. Relevante, teniendo en cuenta las condiciones actuales y no solo las deseables y Temporal, considerando un plazo razonable para alcanzar los objetivos.

Para la implementación se deberán evaluar por periodos de tiempo fijos, es decir, una vez establecidos e implementados se deberá fijar el periodo de tiempo de evaluación. Debido al contexto atípico y a la irregularidad en el funcionamiento de los equipos en el período relativo a este caso de estudio, no se pudieron realizar mediciones relevantes para su cálculo. Dicho esto, a continuación, describiremos los considerados relevantes para cumplir la función asignada en este proyecto con su debido método de cálculo:

4.3.9.1 Tiempo de Inactividad del Equipo

Puede ser usada para rastrear, monitorear y evaluar la fiabilidad de un activo y corresponde al tiempo de inactividad no programada. Este KPI puede ser evaluado, independientemente de si existe un cronograma de mantenimiento para el equipo.

Objetivo del indicador: El promedio general de este indicador de rendimiento es del 10%. Es decir, el equipo debe estar disponible el 90% del tiempo, asegurando la continuidad de la producción.

Este indicador puede ayudar a esbozar una estrategia de mantenimiento preventivo a fin de mantener el índice por debajo de la media, así como a reducir al mínimo las paradas no programadas.

4.3.9.2 MTBF – Mean Time Between Failures

También conocido como el Indicador de Confiabilidad. Mide la tasa de fallos aleatorios (no previstos). Es una métrica temporal (medida en horas, días, semanas o

meses) en la que se considera el intervalo entre un fallo y el siguiente. Cuanto más alto sea el MTBF, más fiable es el equipo.

La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Número de paradas}}$$

El TTD puede ser de 24 horas o el período de tiempo que el equipo está en funcionamiento, mientras que el TTP considera el tiempo perdido hasta que el equipo vuelva a estar operativo.

Objetivo del indicador: El promedio varía según el tipo de equipo y negocio. Sin embargo, debe ser lo más alto posible.

4.3.9.3 MTTR – Mean Time To Repair

El MTTR considera el tiempo medio que tarda su equipo técnico en intervenir o resolver una avería después de que haya ocurrido. A diferencia del MTBF, el objetivo será reducir al máximo este KPI de mantenimiento. Para calcular el MTTR es necesario considerar cuánto tiempo se tardó en reparar el activo después de cada fallo; y luego dividirlo por la cantidad de fallos que se produjeron durante un período de tiempo determinado.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo Total de Mantenimiento}}{\textit{Número de reparaciones}}$$

De esta manera, es posible estimar la cantidad de tiempo (en horas, días, semanas o meses) que un determinado equipo ha estado parado.

Objetivo del indicador: No hay un patrón global, pero es necesario trabajar para reducirla.

4.3.9.4 PMP – Porcentaje de Mantenimiento Planificado

Considera el tiempo dedicado a las actividades programadas con los activos definidos. El cálculo se realiza a partir del tiempo previsto para las tareas de mantenimiento, dividido por el tiempo total dedicado al mantenimiento. Multiplique el resultado por 100 para encontrar el porcentaje.

$$PMP = \frac{\textit{Tiempo Previsto Mantenimiento}}{\textit{Tiempo Total Mantenimiento}}$$

Objetivo del indicador: Este resultado indicará el grado de eficiencia de una empresa, así como su rendimiento y éxito en el sector del mercado en el que opera. Las tasas deben ser del 85% o más.

4.3.9.5 TCP - Tasa de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo

Analiza la conformidad de la empresa con el cronograma establecido. Esta tasa es un KPI de mantenimiento que mide el rendimiento de todo el equipo, desde los responsables hasta los empleados involucrados en las acciones. Generalmente, los parámetros evaluados son la fecha de ejecución, el tiempo de ejecución y la eficiencia.

Objetivo del indicador: El rendimiento medio global, en este caso, debe ser igual o superior al 90%.

El uso de este indicador y la garantía de que se mantiene dentro de la media (o por encima), significa que la productividad es alta, con riesgos de fallo o pérdidas mínimas.

El cálculo de los indicadores del mantenimiento permitirá en un futuro realizar una comparación del desempeño del mantenimiento y tomar decisiones basados en datos, considerando entre donde estaba en el pasado a nivel de mantenimiento y el actual desempeño del mantenimiento.

Mediante la información recolectada en los diversos documentos, la cual debe encontrarse disponible y debidamente identificada para que luego de un procesamiento de esta se puedan obtener datos con valor de análisis. En este caso, los tiempos que se establecen ayudarán a determinar los indicadores de mantenimiento, las horas hombre de trabajo reportadas ayudarán a determinar el nivel de utilización de la mano de obra de mantenimiento y determinarán el costo que este factor conlleva para cada equipo, los repuestos y materiales consumidos determinarán el costo de este campo, mientras las actividades llevadas a cabo y los procedimientos y herramientas utilizados sirven de referencia para futuros trabajos similares.

Se propone que el historial del equipo continúe con el formato actual, que es el siguiente:

Tabla 17 - Capítulo IV - Historial de intervenciones

		HISTORIAL DE MANTENIMIENTO			Dirección Archivo:	
		Código: EQ-00	Máquina o sitio : Cámara #			
Sitio:	Pasillo cocina					
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA REALIZADA						
	Realizó	Verifico	Costo	Fecha Objetivo	Fecha Cumplido	

Estos documentos formarán la base de análisis sobre la que se apoyará el sistema de mantenimiento planificado y, por lo tanto, proveerán las herramientas para la gestión y operación de los equipos. Particularmente informarán sobre factores clave para el cálculo de indicadores como: hora de reporte de fallas, hora de inicio de mantenimiento, hora de terminación de mantenimiento, el equipo el cual se intervino, repuestos utilizados en la intervención y descripción de la falla.

4.4 Estudio económico de implementación del plan de mantenimiento

Un modelo de gestión del mantenimiento, como hemos definido anteriormente, debe estar alineado con los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa, minimizando los costos indirectos de mantenimiento asociados con las pérdidas de producción y a su vez, debe ser capaz de operar, producir y lograr los objetivos minimizando los costos directos de mantenimiento. De esta forma, ir generando actividades que permitan mejorar el desempeño del proceso de mantenimiento.

Las acciones preventivas menores, definidas como actividades de primer nivel, resultarán en acciones positivas que facilitarán la vigilancia y el mantenimiento del estado general de los equipos. En este apartado se plasmará una estimación en los costos que se generan debido a servicios de mantenimiento de terceros en contraposición del costo de horas de trabajo de un operario de mantenimiento que sea capaz de llevar a cabo estas tareas. Como se pudo observar en los registros históricos de intervenciones a los equipos en estudio y de la información teórica presentada anteriormente, una de las fallas más graves y frecuentes es la de recambio del compresor, por lo que será tomado como marco sobre el cual analizar esta situación.

4.4.1 Mantenimiento actual vs. Mantenimiento planificado

En cuanto a la metodología de mantenimiento correctiva, los costos que se incurren pueden presumirse como una curva ascendente en el tiempo. Esto se debe a que hay una reducción en la vida útil de los equipos además de tener que enfrentarse a pérdida de rendimiento, pago de mantenimientos extras por roturas y aumento del riesgo de accidente debido al desequilibrio operativo que conllevan estas intervenciones.

Por otro lado, la implementación de un programa de mantenimiento presenta una configuración de costos decreciente, con una tendencia a estabilizarse. Esto se da debido a que la inversión inicial en estos tipos de mantenimiento suele ser alta, mientras que no elimina por completo la aparición de fallas aleatorias. Es por esto que el mantenimiento preventivo tiende a reducir el costo de su implementación y a estabilizarse a lo largo del tiempo, logrando resultar menor al mantenimiento correctivo al cabo de un lapso.

A partir de la información de los registros de la empresa, se pudo observar los mantenimientos realizados sobre las cámaras y se detectó que aquellas fallas más

frecuentes consistieron en cambio de motores forzadores y de compresores, resultando esta última, la que demanda mayor cantidad de recursos tanto económicos como técnicos. Sumado a que es el elemento crítico prioritario definido en los análisis previos.

Considerando que la empresa no cuenta con la figura del operario de mantenimiento, se plantea incluir las tareas realizables a un equipo propio de la planta, y delegar aquellas de carácter técnico específico a un servicio contratado.

De la totalidad de las tareas planteadas, se estableció que aquellas de mayor especificidad técnica deben ser realizadas por los especialistas, de modo que estas actividades actualmente son ineludibles. Del resto de las actividades, podemos ver que el mayor porcentaje corresponde a actividades de primer nivel, las cuales pueden ser realizadas por operarios de planta o de mantenimiento general y su objetivo es prolongar el funcionamiento de los equipos para no llegar al punto en que se produzca una falla que necesite intervenciones de especialistas. Esto puede observarse en el siguiente gráfico.

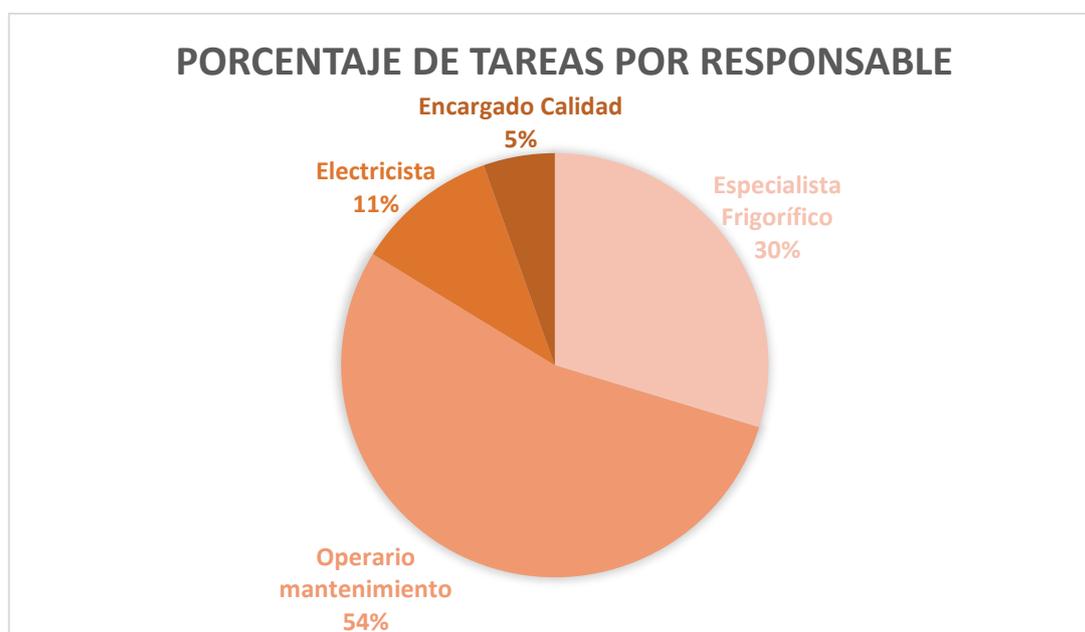


Imagen 31 - Capítulo IV - Porcentaje de tareas por responsable

En este apartado se pretende estimar los costos derivados de implementar el plan de mantenimiento. Se busca demostrar que la ejecución de este plan puede brindar estabilidad operativa al proceso significando una reducción en las intervenciones de terceros afectando a su vez al costo de mantenimiento y al costo por parada de equipo.

4.4.2 Costo Anual Aproximado en Intervenciones (CAAI)

Para justificar la Inversión en el actual proyecto se trabajará con los costos más evidentes como lo son los costos de Mano de Obra, pero es esperable que la planificación del mantenimiento colabore con una gestión más eficiente de los costos.

Los registros evidencian las intervenciones correspondientes a trabajos realizados en los últimos tres años. Estos valores servirán para tener un valor monetario aproximado relacionados a los esfuerzos de mantenimiento de los equipos. Estos registros muestran valores desactualizados, que serán tratados adecuadamente para poder realizar este estudio con datos acordes al momento de la realización de este análisis. Para llevar adelante este estudio se utilizaron las intervenciones registradas con su costo correspondiente.

Se calcula el promedio de intervenciones que recibió cada cámara a lo largo de su historial, estableciendo el promedio de intervenciones anuales. La tabla con la información será visualizada en anexos:

Resultando en 1 intervención anual promedio por equipo.

Los costos estudiados a partir de los registros históricos fueron actualizados en base a índices de inflación anual para poder compararlos al momento de la realización de este análisis. A su vez, dentro de este costo solo se incluyen los gastos en reparación (Mano de Obra y Repuestos), es decir, que no son consideradas las pérdidas productivas generadas.

Para identificar estimativamente el costo que se incurre actualmente para mantener operativos estos equipos, se calcula el Costo Anual Aproximado de Intervenciones.

El Costo Anual Aproximado en Intervenciones estará dado por:

$$C. A. A. I. = \text{Cant. Activos} * \bar{C}Int * \bar{Int}/\text{año}$$

Donde:

Cant. Activos = Cantidad de activos, las 10 cámaras frigoríficas.

$\bar{Int}/\text{año}$ = Promedio de Intervenciones por activo por año, 1 intervención.

$\bar{C}Int$. = Costo Medio de Intervenciones, calculado como el promedio de los costos de intervenciones de los últimos 3 años, que resulta en \$103.923.

$$C. A. A. I. = 10 * 1 * \$103.923$$

Esto nos da como resultado:

$$C. A. A. I. = \$ 1.039.234$$

Este será un *valor aproximado* de costos de intervenciones que servirá de referencia para el estudio como un aproximado para valuar los esfuerzos en mantenimiento anualmente. Esto representa el costo que la empresa incurre anualmente para efectuar las reparaciones correctivas en los elementos de los equipos. Para este caso de estudio, se tomará este valor como parámetro de costo del mantenimiento actual de los equipos.

En este caso, la información disponible demuestra que se debe gastar \$1.039.234 por año en reparaciones de estos equipos sin tener en cuenta los posibles costos de pérdida de mercadería, que puede ocurrir en caso que no se solucione a tiempo una falla imprevista o que no sea posible reubicar la mercadería refrigerada o congelada.

El costo por pérdida de mercaderías puede incrementar este valor de forma abrupta además que al mismo tiempo expone a la empresa a otros costos como pueden ser dañar la imagen de la empresa frente al cliente o el incumplimiento de plazos.

4.4.3 Costo estimado del plan propuesto

En lo referido a este proyecto y particularmente en este análisis, lo que se propone es estudiar el costo de mano de obra que representa ejecutar las tareas programadas en el plan, de las cuales el 54% corresponden a las tareas a desarrollar por el operario de mantenimiento, y el resto corresponden a servicios tercerizados. Esto se estimó analizando el tiempo de trabajo aproximado que conlleva realizar estas actividades, logrando estimar el costo de horas hombre para llevar adelante estas tareas.

Para estimar el costo de mano de obra del personal de mantenimiento utilizaremos como parámetro el salario relevado al día del análisis, el cual ronda entre \$60.000 y \$80.000 mensuales. Esto significa un promedio de \$70.000 mensuales. Para obtener el costo del personal de mantenimiento, se tomará el doble de éste valor, es decir \$140.000. Suponiendo una jornada laboral de 8 hs, representa 160 hs mensuales, lo que arroja como costo de mano de obra:

CMO de un Operario de Mantenimiento = \$875/hs

Tabla 18 - Capítulo IV - Resumen de tareas operario mantenimiento

Elemento	Comprobación	Tarea (Entrada manual)	Tiempo estimado (min)	Periodicidad	Tiempo anual (min)
Unidad completa	Obstrucciones	Comprobar obstrucciones	15	Anual	15
	Limpieza	Eliminar suciedad y verificar la ausencia de óxido y oxidación en los componentes	20	Trimestral	80
Aceite del compresor	Fugas/hermeticidad	Detección, registro	10	Semestral	20
	Nivel	Comprobar nivel óptimo	10	Mensual	120
Válvulas de expansión termostáticas	Verificación de funcionamiento	Limpieza	20	Semestral	40
Evaporador	Evitar congelamiento en el evaporador	Revisión	5	Mensual	60
		Limpieza	20	Mensual	240
Bandeja de condensación	Limpieza	Desinfección con un tratamiento germicida	20	Trimestral	80
Condensador	Revisión	Inspección visual	5	Mensual	60
	Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	30	Mensual	360
Relé térmicos	Verificación de funcionamiento	Control y ajuste	25	Trimestral	100
Sistemas de seguridad	Verificación de funcionamiento	Ajuste o cambio. Control de la luz, prueba de alarma.	20	Anual	20
	Limpieza	Retirar el hielo existente.	30	Semestral	60
	Limpieza	Limpieza general	20	Semestral	40
Tuberías de desagües	Estado	Cambio	30	Anual	30
Paneles de cámara	Revisión y limpieza	Limpieza, cambio, reparación o notificación conformidad.	30	Anual	30
Puerta de cámara	Estado. Sellado correcto	Cambio, ajuste o notificación conformidad.	45	Anual	45
Nivel acústico	De todo el sistema funcionando	Apriete y sujeción de tornillería	30	Anual	30
Recinto de la cámara	Limpieza	Limpicar las superficies y el interior de la habitación (suelo, paredes, estantes, juntas de puertas, sifones). Retirar el hielo existente	40	Semanal	2080
Rejillas de ventilación y aireadores	Limpieza	Limpicar con agua, paño o aire comprimido	40	Mensual	480
				TOTAL MINUTOS	3990
				TOTAL HORAS ANUALES / CÁMARA	67

Al año, el operario de mantenimiento deberá dedicar 67 horas de trabajo preventivo por cámara, por lo que abarcando las 10 cámaras estudiadas representarán 670 hs, lo que multiplicado por su costo dará:

$$\text{C. M. O.} = \$ 586.250$$

$$\text{Trabajo en mantenimiento preventivo} = \frac{670 \text{ hs}}{2160 \text{ hs}} * 100 = 31\%$$

De esta forma, se evidencia que el tiempo de afectación al plan de mantenimiento (670 hs) será de un 31% del tiempo total de la jornada del operario.

La otra componente del costo de este plan, corresponde al servicio encargado de realizar las actividades técnicas propias de un profesional frigorífico (Costo de Servicio Tercerizado). De esta manera, el costo de mantenimiento de estos equipos quedará compuesto por:

$$\text{C. Plan Propuesto} = \text{C. M. O} + \text{C. S. T}$$

El estudio del *C. S. T.* será estudiado de igual manera que el costo de mano de obra del operario pero teniendo en cuenta el costo adicional que representa margen de ganancias para la empresa de servicios contratados. Este valor, para las empresas de servicios de mantenimiento, representa un incremento de 30%.

Estos se encargarán de las tareas restantes del plan. Un salario mensual de un técnico frigorista ronda los \$80.000 mensuales⁶ (\$160.000 tomando el doble del salario para estimar el costo). Esto significa un costo de mano de obra de 1000 \$/hs, el cual teniendo en cuenta el margen del servicio, representa un incremento en el costo resultando en:

$$\text{CMO técnico frigorista} = \$1300 /\text{hs}$$

⁶ Fuente: www.glassdoor.com.ar

Tabla 19 - Capítulo IV - Resumen tareas servicios contratados

Elemento	Comprobación	Tarea (Entrada manual)	Tiempo estimado (min)	Periodicidad	Total tiempo anual
Dispositivos de seguridad	Verificación	Operativos y ajustados correctamente	30	Semestral	60
Conexiones eléctricas	Abrochado correctamente	Ajuste	30	Semestral	60
	Consumo eléctrico	Medición	15	Anual	15
Aceite del compresor	Nivel	Reponer/cambiar aceite	45	Anual	45
	Acidez	Medir acidez de aceite	30	Anual	30
Válvula de expansión	Verificación	Cambio de la válvula	60	Anual	60
Sistema de desescarches	Funcionamiento	Control o ajuste del termostato	30	Semestral	60
Circuito eléctrico	Medición	Medición de parámetros para determinar el estado y la eficiencia energética de los equipos	15	Semestral	30
Temperatura	Monitoreo	Relevamiento frecuente de los valores arrojados por termostatos	5	Diaria	60
Presostato de baja presión	Funcionamiento, presión y control eléctrico	Control y ajuste	30	Trimestral	120
		Cambio o reparación	45	Semestral	90
Termostatos	Verificación de funcionamiento	Control y ajuste o cambio	30	Semestral	60
	Calibración	Calibrar	25	Anual	25
Válvula solenoide	Verificación	Verificación de la solenoide y recambio a condición	30	Semestral	60
Válvulas de seguridad.	Comprobación funcionamiento	Comprobar calibrado y timbrarlas comprobando su estado y estanqueidad.	60	Anual	60
Circuito de gas	Humedad en el circuito de gas refrigerante	Cambio del filtro deshidratador	120	Semestral	240
	Comprobación presión de descarga, de aspiración, del compresor	Comprobación de las presiones en el circuito. Carga si es necesario	45	Semestral	90
				TOTAL MINUTOS	1165
				TOTAL HORAS ANUALES / CÁMARA	20

De acuerdo al resumen de tiempo estimado para cada tarea, el especialista deberá dedicar un total de 20 hs al año por cámara, lo que representa un total de 200 hs de trabajo para los 10 equipos contemplados en el plan, lo que resultará en un costo de:

$$C.S.T = \$ 260.000$$

El resultado de esta valuación será el costo de los servicios tercerizados, resultando en \$260.000. Por lo que el costo total del plan propuesto será:

$$C. Plan propuesto = C.M.O + C.S.T = \$586.250 + \$260.000$$

$$C. Plan propuesto. = \$ 846.250$$

Tabla 20 - Resumen costo Plan propuesto

	Costo \$/hs	hs totales	Costo total
Operario de Mantenimiento	\$ 875	670	\$ 586.250
Servicio contratado	\$ 1.300	200	\$ 260.000
		Costo plan propuesto	\$ 846.250

Como se puede ver, el costo de mano de obra del mantenimiento propuesto significa un 81% de los costos de intervenciones anuales calculado en primera instancia en base a datos de intervenciones de los últimos 3 años.

La prevención y detección anticipada de fallas puede aumentar la vida útil de los distintos componentes y equipos, por lo que esta extensión al implementar este mantenimiento preventivo planificado significa que la cantidad de Intervenciones en los mismos disminuirá.

Suponiendo que se logra disminuir la aparición de fallas en un 30%, estaríamos ante una mejora que pasaría de significar 10 fallas al año a un total de 7; y el Costo Anual Aproximado de las Intervenciones calculado inicialmente, ahora teniendo en cuenta el costo del plan preventivo, será el siguiente:

$$CAAI_{Planificado} = CAAI * 0.7 + C. Plan propuesto$$

$$CAAI_{Planificado} = \$727.464 + \$846.250$$

$$CAAI_{Planificado} = \$ 1.573.714$$

A medida que se vaya dando continuidad año tras año al mantenimiento preventivo planificado, el nivel de fallas debe ir disminuyendo y, por lo tanto, en la

misma proporción irán disminuyendo los costos y la cantidad de mantenimientos correctivos con servicios externos. Además, se asegurará la disponibilidad de los equipos, dando sostenibilidad de la operación.

Se visualiza que la suma entre costo anual de las intervenciones y el costo del plan preventivo propuesto es mayor al CAAI calculado inicialmente. Esto tiene sentido ya que las fallas esporádicas nunca desaparecen, y en este caso se estimó una reducción de un 30% en la aparición de fallas. El valor restante de la composición de este costo es el relacionado al mantenimiento preventivo planificado se tomó constante.

Se puede observar en el siguiente gráfico la variación de estos costos en caso de reducirse las fallas en mayores porcentajes. Este análisis permitirá observar una imagen estática al momento de decidir optar por la aplicación de este sistema de mantenimiento. Se entiende que, luego de la implementación del mismo, podrán observarse reducciones en la aparición de fallas y en el costo de sus intervenciones, por lo que se reducirán aún más los términos que componen el CAAI; dando como resultado menores costos de las actividades programadas del plan propiamente dicho y reduciendo los costos por fallas repentinas.

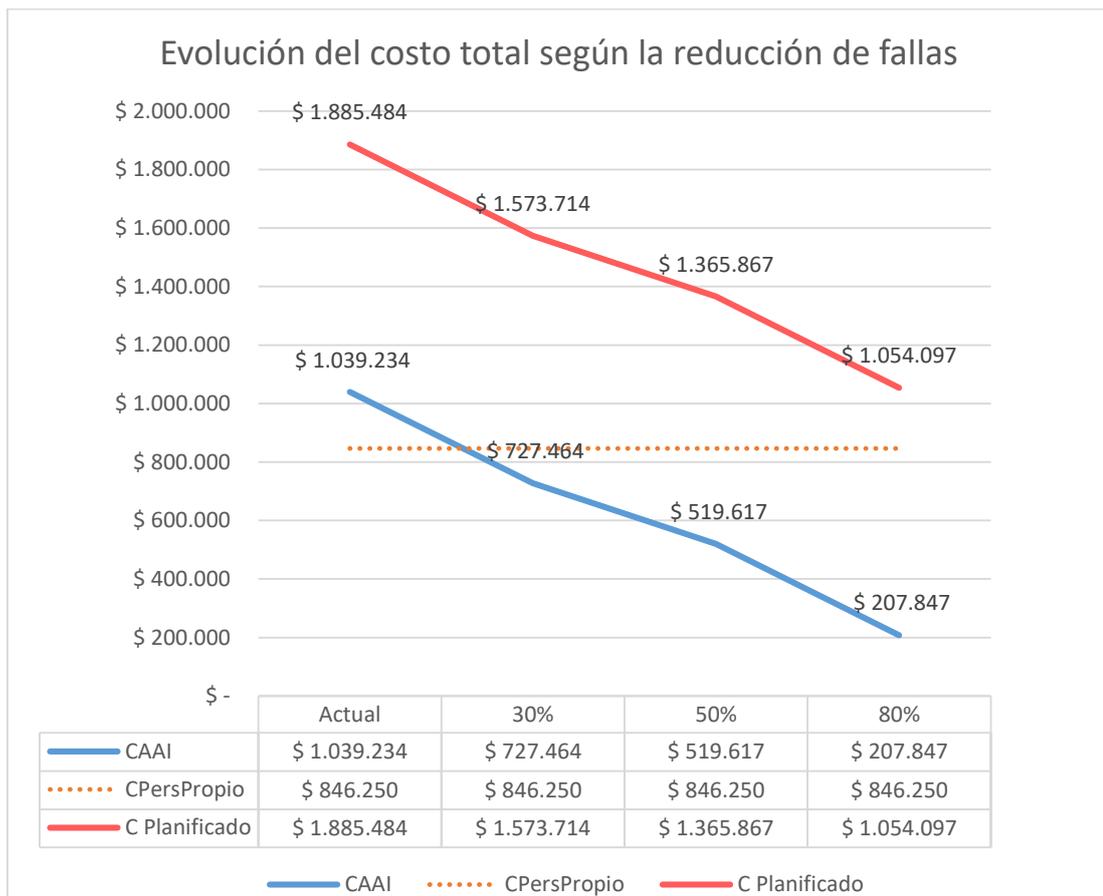


Imagen 32 -Capítulo IV –Evolución del costo

Capítulo V – Conclusión

Uno de los puntos de mayor importancia para cualquier gestión de activos en el marco de una organización, debe ser tener definido los objetivos que se desean alcanzar mediante la gestión del mantenimiento. Este debe tratarse como un factor crucial para mejorar la competitividad operativa de la empresa, por lo que el reto que se plantea es reformular el paradigma del mantenimiento desde la corrección a la prevención. No obstante, para asumir este reto, es necesario concebir al mantenimiento como un elemento clave y una inversión productiva que lleva hacia los cumplimientos de los objetivos productivos.

La implementación de este proyecto pretende representar una mejora en la gestión del mantenimiento de la planta, que de aplicarse estructurará un sistema robusto en el cual confiar. A través de esta planificación, se espera profundizar el registro de la información relacionada a los equipos y al desempeño de los mismos, funcionando como los cimientos para un posterior desarrollo e implementación de indicadores para la evaluación del desempeño de los mismos.

La aplicación de un modelo siguiendo estos lineamientos, permitirá a la organización evaluar el desempeño de los equipos en su ciclo de vida y el desempeño del mantenimiento en su conjunto. Los objetivos perseguidos por este plan propuesto se centraron en brindar herramientas que de ser aplicadas puedan contribuir a la sostenibilidad operativa de forma de asegurar el cumplimiento a los clientes y confiabilidad en los servicios y productos provistos, lo que se encuentra alineado con la actual política de la empresa.

A su vez, entendiendo que uno de los aspectos de mayor importancia en las empresas modernas es la gestión de los costos, se realizó una valuación económica estimada de los esfuerzos de mantenimiento utilizando como parámetro los costos de mano de obra. Se mostró que la aplicación de un plan preventivo contribuirá en la reducción en la cantidad de fallas por año, lo que significará una reducción de los costos incurridos para solucionarlas y del tiempo de inactividad de las mismas, resultando en un beneficio económico y una mayor disponibilidad de los equipos.

También, de acuerdo a la idea de fortalecer el sistema de mantenimiento, se propuso la integración de un operario interno. Contar con personal especializado dentro del entorno de la empresa, no solo que logrará una mayor identificación con los objetivos y políticas empresariales, sino que también significará que posibles erogaciones que se hacían al contratar servicios externos se integren hacia adentro de la empresa. Mediante capacitaciones específicas se puede lograr mano de obra calificada para operar y mantener estos equipos. Es por esto, que los planes de mantenimiento preventivos deben ser analizados desde el punto de vista de una inversión de recursos en el hoy, cuyos resultados se evidenciarán en un futuro.

Adicionalmente, los procesos básicos del mantenimiento se vincularon a un ciclo PDCA, lo que permitirá al personal responsable del mantenimiento familiarizarse con las herramientas de gestión e implementar un ciclo de mejora continua.

Por último, se puede afirmar que el plan desarrollado aquí para estos equipos frigoríficos, puede ser adaptado para abordar todos los equipos de la planta, cuya gestión del mantenimiento puede retroalimentarse de mucha información pudiendo resultar en un sistema robusto de gran utilidad para la gestión operativa.

Referencia de imágenes

<i>Imagen 1 - Capítulo I - Logo de la empresa.....</i>	<i>4</i>
<i>Imagen 2 - Capítulo I - Organigrama de la empresa</i>	<i>4</i>

Imagen 3 - Capítulo I - Misión, visión y valores	5
Imagen 4 - Capítulo I – Layout	1
Imagen 5 - Capítulo I - Proceso de recepción y clasificación materias primas	2
Imagen 6 - Capítulo I - Proceso de elaboración.....	3
Imagen 7 - Capítulo I - FODA.....	4
Imagen 8 - Capítulo III - Áreas fundamentales del mantenimiento.....	11
Imagen 9 - Capítulo III - Tipos de mantenimiento preventivo	14
Imagen 10 - Capítulo III - Tipos de mantenimiento correctivo	15
Imagen 11 - Capítulo III - Mantenimiento - Calidad	17
Imagen 12 - Capítulo III - Fenómeno de congelación del agua con el tiempo.- R. Miralles.....	19
Imagen 13 - Capítulo III - Ciclo de refrigeración por compresión.	23
Imagen 14 - Capítulo III - Circuito elemental de una instalación frigorífica por compresión de vapor.	24
Imagen 15 - Capítulo III - Compresor Hermético	26
Imagen 16 - Capítulo III - Esquema de un circuito simple de refrigeración por compresión	26
Imagen 17 - Capítulo III - Unidad Condensadora	27
Imagen 18 - Capítulo III - Esquema básico de la válvula de expansión	28
Imagen 19 - Capítulo III - Esquema básico de un evaporador	30
Imagen 20 - Capítulo III - Circuito frigorífico completo	32
Imagen 21 - Capítulo III - Gráfico del equilibrio compresor – evaporador (R. Miralles).....	34
Imagen 22 - Capítulo IV - Diagrama PDCA	39
Imagen 23 - Capítulo IV - Tipo de mantenimiento (Juan Manuel Franco Lijó)	40
Imagen 24 - Capítulo IV - Proceso de desarrollo	41
Imagen 25 - Capítulo IV - Ubicación cámara EQ 01 y EQ 02	44
Imagen 26 - Capítulo IV - Unidad condensadora EQ 01	49
Imagen 27 - Capítulo IV - Evaporador 01	49
Imagen 28 - Capítulo IV - Codificación de equipos	52
Imagen 29 - Capítulo IV - Diagrama de causa raíz (Manual general de Refrigeración)	57
Imagen 30 - Capítulo IV - Propuesta de mantenimiento (García Garrido)	61
Imagen 31 - Capítulo IV - Porcentaje de tareas por responsable	77
Imagen 32 -Capítulo IV –Evolución del costo	84

Referencia de tablas

Tabla 1 - Capítulo III - Detalle de refrigerantes	35
Tabla 2 - Capítulo IV - Historial de mantenimiento 01	45
Tabla 3 - Capítulo IV - Detalles constructivos 01	45
Tabla 4 - Capítulo IV - Ficha técnica 01	46
Tabla 5 - Capítulo IV - Historial de Mantenimiento 02.....	47
Tabla 6 - Capítulo IV - Ficha técnica 02	48
Tabla 7 - Capítulo IV - Ejemplo de identificación de equipos y elementos	52
Tabla 8 - Capítulo IV - Parámetros de criticidad (García Garrido).....	54
Tabla 9 - Capítulo IV - Estudio de fallos.....	56
Tabla 10 - Capítulo IV - Tipo de tareas	59
Tabla 11 - Capítulo IV - Definición de tareas del plan	62
Tabla 12 - Capítulo IV - Referencia de códigos de elementos.	63
Tabla 13 - Capítulo IV - Tareas y frecuencias	65
Tabla 14 - Capítulo IV - Ejemplo de programa de actividades	66
Tabla 15 - Capítulo IV - Orden de trabajo preventivo / Ruta de mantenimiento	68
Tabla 16 - Capítulo IV - Parte de incidencias.....	70
Tabla 17 - Capítulo IV - Historial de intervenciones	75
Tabla 18 - Capítulo IV - Resumen de tareas operario mantenimiento	80

<i>Tabla 19 - Capítulo IV - Resumen tareas servicios contratados</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 20 - Resumen costo Plan propuesto</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 21 – Anexos - Resumen equipos</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 22 - Anexos - Análisis de fallos</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 23 – Anexos- Tabla de tareas completa</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 24 – Anexos - Relevamiento edilicio cámaras</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 25 – Anexos - Resumen Planificación</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 26 - Anexos - Planificación de tareas.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 27 - Capítulo IV - Promedio de intervenciones</i>	<i>107</i>

Anexos

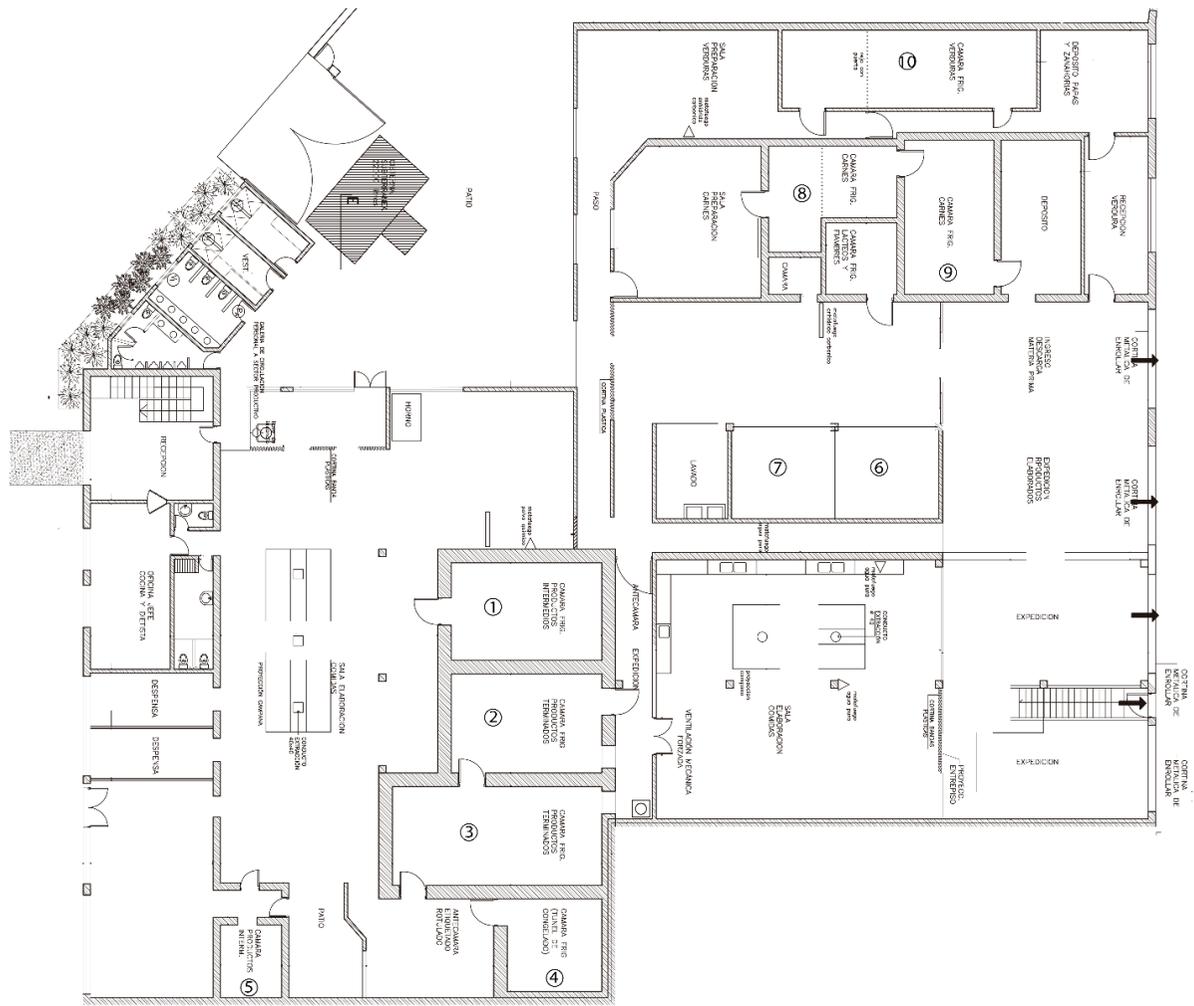


Ilustración 2 - Plano de la planta

Tabla 21 – Anexos - Resumen equipos

Categoría	Ubicación	Tipo	Marca	Modelo	Capacidad	Potencia Nominal	Caudal de aire	Tensión	N° Serie	Origen
EQ 01	Cámara 1 - Principal	Evaporador	-		5500 kcal/h	-	-	-	-	-
	Techo 1	Unidad condensadora	L'unité Hermetique	FCU 4540 T	4418 kcal/h	3 HP	4300 m3/h	380 - 50 Hz	I15401	Francia
EQ 02	Cámara 2 - Congelados 1	Evaporador	Technocold	ICSK 750B	4100 kcal/h	9,8 kW	11800 m3/h	380 V - 75 Hz	I15279	Argentina
	Techo 1	Unidad condensadora	L'unité Hermetique	ICSK 750B	4100 kcal/h	7,5 HP	11800 m3/h	380 V - 75 Hz	I15279	Francia
EQ 03	Cámara 3 - Prod. procesados	Evaporador	Caamaño	H 64 M	5500 kcal/h	6,4 kW	-	220 V - 50 Hz	-	Argentina
	Techo 1	Unidad condensadora	L'unité Hermetique	FCU 4540 T	4418 kcal/h	3 HP	-	380 - 50 Hz	I15401	Francia
EQ 04	Cámara 4 - Túnel de cong.	Evaporador	Caamaño	-	20311 kcal/h	7 KW	-	380 V - 50 Hz	-	Argentina
	Patio Interno	Unidad condensadora	Copeland Scroll	GCUCSZB76 A	15200 kcal/h	10 HP	-	380 V - 50 Hz	I64178	China
EQ 05	Cámara 5 - Lácteos	Evaporador	-	-	-	-	-	-	-	-
	Patio Interno	Unidad condensadora	Danfoss	MT18JA5CVE	4100 kcal/h	3 HP	-	220 V - 50 Hz	CB1006378979	Francia
EQ 06	Cámara 6 - Carne y Procesados	Evaporador	Caamaño	H 64 M	5500 kcal/h	6,4 kW	-	220 V - 50 Hz	-	Argentina
	Techo 2	Unidad condensadora	Xing Fa	XDUCQL134 T	3415 kcal/h	5 HP	-	380 V - 50 Hz	I160027	China
EQ 07	Cámara 7 - Congelados 2	Evaporador	Good Cold	2 x VBK06 0 235	6000 W	-	6150 m3/h	220 V - 50 Hz	I165337	Argentina
	Techo 2	Unidad condensadora	Xing Fa	XDUCQL134 T	3415 kcal/h	5 HP	-	380 V - 50 Hz	I160773	China
EQ 08	Cámara 8 - Carnicería	Evaporador	-	-	-	-	-	-	-	-
	Techo 2	Unidad condensadora	Maneurop	MT50HK4CVE	12000 kcal/h	9,8 HP	-	380 V - 50 Hz	KB 2680909	Francia
EQ 09	Cámara 9 - Expedición	Evaporador	-	-	-	-	-	-	-	-
	Techo 2	Unidad condensadora	L'unité Hermetique	FCUC4561T	6333 kcal/h	5 HP	6600 m3/h	380 V - 50 Hz	I62939	Francia
EQ 10	Cámara 10 - Verdulería	Evaporador	-	-	-	-	-	-	-	-
	Techo 2	Unidad condensadora	L'unité Hermetique	FCUC4561T	6333 kcal/h	5 HP	6600 m3/h	380 V - 50 Hz	I17218	Francia

Tabla 22 - Anexos - Análisis de fallos

Síntoma	Causa	Solución
2) El compresor no arranca	h. Fusibles quemados i. Motor o compresores rotos j. Termostato roto o registrado muy alto k. Presostato de alta o de baja abiertos l. Válvula solenoide cerrada m. Presostato del aceite Abierto n. Térmico del motor abierto	h. Cambiarlos i. Cambiarlos j. Cambiarlo o regularlo k. Conectarlos nuevamente, descubrir por qué se abrieron y eliminar la causa l. Cambiar la bobina quemada m. Conectarlo y controlar el nivel n. Antes de conectarlo nuevamente, buscar la causa y eliminarla
3) Funcionamiento intermitente del compresor	a. Presostato de baja o de alta no regulado b. Carga de gas escasa c. Diferencial del termostato demasiado reducido d. Estrangulación en la línea de alimentación o de aspiración, válvula termostática con el capilar roto e. Insuficiente enfriamiento en el condensador f. Aire en la instalación g. Carga excesiva de refrigerante	a. Control del registro o del capilar obstruido b. Agregar gas c. Aumentarlo d. Eliminar la causa e. Ventilador detenido o condensador sucio, aire caliente que recircula f. Vaciarla, eliminar el aire provocando vacío y cargarla de nuevo. g. Reducir la carga
4) Presión de alimentación muy alta	a. Temperatura del aire de enfriamiento muy alta o insuficiencia de aire b. Condensador sucio c. Carga excesiva de gas d. Tubos de alimentación obturados parcial o total e. Aire en el sistema	a. Aumentar el caudal b. Limpiarlo c. Descargar la cantidad necesaria d. Controlar llave, filtro y válvulas termostáticas e. Eliminarlo

5) Presión de alimentación muy baja	<ul style="list-style-type: none"> a. Temperatura de condensación muy baja b. Tubos de aspiración obturados c. Válvulas de aspiración del compresor que no cierran herméticamente d. Fajas elásticas de los pistones consumidas 	<ul style="list-style-type: none"> a. Reducir la cantidad de aire en el condensador b. Limpiarlos c. Controlar los asientos y las válvulas, de ser necesario, cambiarlas. d. Cambiarlas
6) Presión de aspiración muy baja	<ul style="list-style-type: none"> a. Carga escasa de gas b. Sobrecalentamiento excesivo c. Interrupción en la línea líquida 	<ul style="list-style-type: none"> a. Agregar gas b. Reparar la válvula termostática c. Eliminarla
7) Compresor frío	<ul style="list-style-type: none"> a. Retorno del líquido 	<ul style="list-style-type: none"> a. Controlar la carga de refrigerante y el registro de la válvula termostática
8) Temperatura de la cámara demasiado alta	<ul style="list-style-type: none"> a. Cámara sobrecargada de mercancías b. Puerta de entrada dejada abierta por mucho tiempo c. Carga de la cámara dispuesta mal, con obstrucción de la normal circulación del aire d. Aislamiento insuficiente e. Termostato roto o en la posición errada f. Aletas del evaporador bloqueadas por el hielo g. Falta de refrigerante h. Circulación de aire insuficiente i. Pérdida a través de las hendiduras: entre la puerta y el marco; entre la puerta y el piso 	<ul style="list-style-type: none"> a. Instruir al usuario b. Instruir al usuario c. Corregir distribución de la carga d. Mejorar materiales aislantes e. Reemplazarlo o cambiarlo de posición f. Descongelamiento insuficiente g. Buscar las fugas, vaciar la instalación, repararla y cargarla nuevamente h. Redistribuir la carga o aumentar la circulación con un nuevo ventilador i. Ajustar los elementos de cierre
9) Temperatura de la cámara demasiado baja	<ul style="list-style-type: none"> a. Termostato mal regulado o roto. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Repararlo o regularlo
10) Bloqueo del compresor	<ul style="list-style-type: none"> a. Válvulas rotas b. Insuficiencia de aceite 	<ul style="list-style-type: none"> a. Cambiarlas

	c. Compresor sobrecalentado	b. Agregar aceite - si aún no arrancara significa que está engranado y habrá que cambiarlo c. Por cualquier razón que sea defectuoso el compresor, habrá que cambiarlo
11) Hielo en las láminas del evaporador	a. Congelamiento (reloj, termostato o instalación eléctrica rotos)	a. Buscar las causas y efectuar las reparaciones
12) El compresor funciona siempre	a. Hielo en el evaporador b. El bulbo del termostato se encuentra en una posición errada	a. Colocar el bulbo en una posición en la cual sea sensible al frío b. Cambiarla
13) Formación veloz de hielo en el evaporador	a. Junta de la puerta de entrada que pierde	a. Cambiarla
14) Gradual reducción de la capacidad refrigerante	a. Obstrucción gradual del filtro deshidratador, del filtro de la válvula termostática o del tubo capilar	a. Limpiar o cambiar
15) El equipo funciona pero el evaporador calienta	a. Humedad en el fluido refrigerante	a. Instalar un deshidratador en la línea líquida

Tabla 23 – Anexos- Tabla de tareas completa

Propuesta tareas de Mantenimiento Planificado - Cámaras frigoríficas RODEL SA						
Equipo	Elemento	Comprobación	Tarea propuesta	Código	Tipo de tarea	Periodicidad
Compresor	Dispositivos de seguridad	Verificación	Operativos y ajustados correctamente	C-1	Mecánica	Semestral
	Conexiones eléctricas	Abrochado correctamente	Ajuste	C-2	Eléctrica	Semestral
		Consumo eléctrico	Medición	C-3	Eléctrica	Anual
	Unidad completa	Obstrucciones	Comprobar obstrucciones	C-4	Autónomo	Anual
		Limpieza	Eliminar suciedad y verificar la ausencia de óxido y oxidación en los componentes	C-5	Autónomo	Trimestral
		Fugas/hermeticidad	Detección, registro	Ac-1	Autónomo	Semestral
	Aceite del compresor	Nivel	Comprobar nivel óptimo	Ac-2	Autónomo	Mensual
			Reponer/cambiar aceite	Ac-3	Mecánica	Anual
Acidez		Medir acidez de aceite	Ac-4	Mecánica	Anual	
Evaporador	Evaporador	Evitar congelamiento en el evaporador	Revisión	Ev-1	Autónomo	Mensual
			Limpieza	Ev-2	Autónomo	Mensual
	Bandeja de condensación	Limpieza	Desinfección con un tratamiento germicida	Ev-3	Autónomo	Trimestral
Condensador.	Condensador	Revisión	Inspección visual	Cond-1	Autónomo	Mensual
		Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	Cond-2	Autónomo	Mensual
Válv. Expansión	Válvulas de expansión termostáticas	Verificación de funcionamiento	Limpieza	Vt-1	Autónomo	Semestral
			Cambio de la válvula	Vt-2	Mecánica	Anual

Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Proyecto Integrador – Ingeniería Industrial.

Sist. Control	Presostato de baja presión	Funcionamiento, presión y control eléctrico	Control y ajuste	Pr-1	Eléctrica	Trimestral
			Cambio o reparación	Pr-2	Eléctrica	Semestral
	Relé térmicos	Verificación de funcionamiento	Control y ajuste	T-2	Eléctrica	Trimestral
	Termostatos	Verificación de funcionamiento	Control y ajuste o cambio	T-3	Eléctrica	Trimestral
		Calibración	Calibrar	T-4	Eléctrica	Anual
	Válvula solenoide	Verificación	Verificación de la solenoide y recambio a condición	Vs-1	Mecánica	Semestral
	Sistemas de seguridad	Verificación de funcionamiento	Ajuste o cambio. Control de la luz, prueba de alarma.	Ss-1	Eléctrica	Anual
	Válvulas de seguridad.	Comprobación funcionamiento	Comprobar calibrado y timbrarlas comprobando su estado y estanqueidad.	Vseg-1	Mecánica	Anual
Limpieza		Retirar el hielo existente.	Vseg-2	Mecánica	Semestral	
Elem. Eléctricos	Sistema de desescarches	Funcionamiento	Control o ajuste del termostato	EE-1	Eléctrica	Semestral
	Circuito eléctrico	Medición	Medición de parámetros para determinar el estado y la eficiencia energética de los equipos	EE-2	Eléctrica	Semestral
Circ. Refrigerante	Circuito de gas	Humedad en el circuito de gas refrigerante	Cambio del filtro deshidratador	Ci-1	Mecánica	Semestral
		Comprobación presión de descarga, de aspiración, del compresor	Comprobación de las presiones en el circuito. Carga si es necesario	Ci-2	Mecánica	Semestral
		Limpieza	Limpieza general	Ci-3	Mecánica	Semestral

	Tuberías de desagües	Estado	Cambio	Tub-1	Mecánica	Anual
Termostato	Temperatura	Monitoreo	Relevamiento frecuente de los valores arrojados por termostatos	T-1	Autónomo	Diaria
Infraestructura	Paneles de cámara	Revisión y limpieza	Limpieza, cambio, reparación o notificación conformidad.	Inf-1	Infraestructura	Anual
	Puerta de cámara	Estado. Sellado correcto	Cambio, ajuste o notificación conformidad.	Inf-2	Infraestructura	Anual
	Nivel acústico	De todo el sistema funcionando	Apriete y sujeción de tornillería	Inf-3	Mecánica	Anual
	Recinto de la cámara	Limpieza	Limpiar las superficies y el interior de la habitación (suelo, paredes, estantes, juntas de puertas, sifones). Retirar el hielo existente	Inf-4	Infraestructura	Semanal
	Rejillas de ventilación y aireadores	Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	Inf-5	Mecánica	Mensual

Tabla 24 – Anexos - Relevamiento edificio cámaras

Relevamiento de las cámaras						
Equipo	Dimensiones	Revestimiento de paredes y pisos	Puerta	Elementos eléctricos y de control	Observaciones	Resumen Historial de mantenimiento
Cámara 1 – Principal	6 x 4 m	Paneles aislantes PVC. Piso de mosaico granítico.	Acero Inoxidable	Tablero eléctrico con revisión vigente.	Recubrimiento aislante de puerta muestra desgaste	Registro desde 2018. No se encuentra detallada información sobre mantenimientos realizados en partes funcionales de las cámaras.
Cámara 2 – Congelados1	6 x 4 m	Paneles aislantes PVC. Piso de material aislante. Rampa de ingreso en material metálico	Acero Inoxidable	Tablero con revisión vigente. Termómetros funcionando adecuadamente.	Puerta buen estado general. Termómetros funcionando adecuadamente.	Tareas realizadas por un tercero (Clima SRL) en el año 2018. Cambio de filtros, cambio de gas refrigerante, cambio de aceite. Mantenimiento infraestructura
Cámara 3 – Procesados	8.50 x 4 m	Paredes PVC . Piso de mosaico granítico	Puerta moderna.	Tablero con revisión vigente.	Paredes desgastadas a la altura del almacenaje de productos. Vetas entre mosaicos.	Tareas sobre elementos constructivos. Se repiten actividades sobre las mangueras del equipo de frío, habiendo registrado pintura, arreglo y reacondicionamiento
Cámara 4 – Túnel de congelado	4 x 4 m	Paredes PVC. Piso de mosaico granítico.	Acero Inoxidable	Tablero con revisión vigente.	Paredes en buen estado. Puerta en buen estado	Tareas sobre elementos constructivos. Se menciona óxido sobre el equipo de frío. Se registra un objetivo de reparación de motor de la cámara y reacondicionamiento del tablero eléctrico de la misma.
Cámara 5 – Lácteos	2,95 x 2,50 m	Revestimiento de PVC. Piso de mosaico granítico.	Puerta moderna (Friolatina)	Tablero con revisión vigente.	Paredes en buen estado	Tareas sobre elementos constructivos. Se registra un cambio del motor forzador.
Cámara 6 – Carnicería y procesados	2,90 x 2,90 m	Revestimiento de PVC. Piso de mosaico granítico.	Puerta moderna	Tablero con revisión vigente.	Paredes en buen estado	Tareas sobre elementos constructivos. Se registra cambio de válvula solenoide en equipo de 6 HP y carga de gas refrigerante.
Cámara 7 – Congelados 2	1,5 x 1,5 m	Revestimiento de PVC. Piso de mosaico granítico.	Puerta moderna	Tablero con revisión vigente.	Paredes en buen estado	Tareas sobre elementos constructivos.
Cámara 8 – Carnicería	5,25 x 4,20 m	Revestimiento de PVC. Piso de mosaico granítico.	Acero	Tablero con revisión vigente.	Paredes en buen estado. Piso presenta vetas entre mosaicos.	Tareas sobre elementos constructivos. Se menciona óxido sobre el equipo de frío y cambio de selector.

Cámara 9 – Expedición	3,85 x 6,25 m	Revestimiento de PVC. Piso de mosaico granítico.	Puerta moderna.	Tablero con revisión vigente.	Paredes en buen estado. Caja de tablero eléctrico antigua. Puerta en buen estado	Tareas sobre elementos constructivos. Se registra un cambio del motor forzador.
Cámara 10 – Verdulería	10,40 x 4,15 m	Paredes de mosaico cerámico y piso de mosaico granítico, techo con pintura aislante.	Puerta moderna.	Tablero con revisión vigente.	Puerta buen estado general. Termómetros funcionando adecuadamente.	Tareas sobre elementos constructivos. Registra cambios en instrumental eléctrico en año 2016.

Tabla 25 – Anexos - Resumen Planificación

Activo	Elemento	Comprobación	Tarea (Entrada manual)	Tiempo estimado (min)	Código	Responsable	Semana Inicial	Periodicidad	Cantidad anual	Total tiempo anual	Estado
Cámara de congelado.EQ 02 (Cámara 2 - Congelados 1)	Dispositivos de seguridad	Verificación	Operativos y ajustados correctamente	30	C-1	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	60	Pendiente
	Conexiones eléctricas	Abrochado correctamente	Ajuste	30	C-2	Electricista	17	Semestral	2	60	Pendiente
		Consumo eléctrico	Medición	15	C-3	Electricista	17	Anual	1	15	Pendiente
	Unidad completa	Obstrucciones	Comprobar obstrucciones	15	C-4	Operario mantenimiento	17	Anual	1	15	Pendiente
		Limpieza	Eliminar suciedad y verificar la ausencia de óxido y oxidación en los componentes	20	C-5	Operario mantenimiento	17	Trimestral	4	80	Pendiente
	Aceite del compresor	Fugas/hermeticidad	Detección, registro	10	Ac-1	Operario mantenimiento	17	Semestral	2	20	Pendiente
		Nivel	Comprobar nivel óptimo	10	Ac-2	Operario mantenimiento	17	Mensual	12	120	Pendiente
			Reponer/cambiar aceite	45	Ac-3	Especialista frigorífico	17	Anual	1	45	Pendiente
		Acidez	Medir acidez de aceite	30	Ac-4	Especialista frigorífico	17	Anual	1	30	Pendiente
	Válvulas de expansión termostáticas	Verificación de funcionamiento	Limpieza	20	Vt-1	Operario mantenimiento	17	Semestral	2	40	Pendiente
			Cambio de la válvula	60	Vt-2	Especialista frigorífico	17	Anual	1	60	Pendiente
	Evaporador	Evitar congelamiento en el evaporador	Revisión	5	Ev-1	Operario mantenimiento	17	Mensual	12	60	Pendiente
			Limpieza	20	Ev-2	Operario mantenimiento	17	Mensual	12	240	Pendiente

Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Proyecto Integrador – Ingeniería Industrial.

	Bandeja de condensación	Limpieza	Desinfección con un tratamiento germicida	20	Ev-3	Operario mantenimiento	17	Trimestral	4	80	Pendiente
	Condensador	Revisión	Inspección visual	5	Cond-1	Operario mantenimiento	17	Mensual	12	60	Pendiente
		Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	30	Cond-2	Operario mantenimiento	17	Mensual	12	360	Pendiente
	Sistema de desescarches	Funcionamiento	Control o ajuste del termostato	30	EE-1	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	60	Pendiente
	Circuito eléctrico	Medición	Medición de parámetros para determinar el estado y la eficiencia energética de los equipos	15	EE-2	Electricista	17	Semestral	2	30	Pendiente
	Temperatura	Monitoreo	Relevamiento frecuente de los valores arrojados por termostatos	5	T-1	Encargado Calidad	17	Diaria	12	60	Pendiente
	Presostato de baja presión	Funcionamiento, presión y control eléctrico	Control y ajuste	30	Pr-1	Electricista	17	Trimestral	4	120	Pendiente
			Cambio o reparación	45	Pr-2	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	90	Pendiente
	Relé térmicos	Verificación de funcionamiento	Control y ajuste	25	T-2	Operario mantenimiento	17	Trimestral	4	100	Pendiente
	Termostatos	Verificación de funcionamiento	Control y ajuste o cambio	30	T-3	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	60	Pendiente
		Calibración	Calibrar	25	T-4	Encargado Calidad	17	Anual	1	25	Pendiente
	Válvula solenoide	Verificación	Verificación de la solenoide y recambio a condición	30	Vs-1	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	60	Pendiente
	Sistemas de seguridad	Verificación de funcionamiento	Ajuste o cambio. Control de la luz, prueba de alarma.	20	Ss-1	Operario mantenimiento	17	Anual	1	20	Pendiente
	Válvulas de seguridad.	Comprobación funcionamiento	Comprobar calibrado y timbrarlas comprobando su estado y estanqueidad.	60	Vseg-1	Especialista frigorífico	17	Anual	1	60	Pendiente
		Limpieza	Retirar el hielo existente.	30	Vseg-2	Operario mantenimiento	17	Semestral	2	60	Pendiente

Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Proyecto Integrador – Ingeniería Industrial.

	Circuito de gas	Humedad en el circuito de gas refrigerante	Cambio del filtro deshidratador	120	CG-1	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	240	Pendiente
		Comprobación presión de descarga, de aspiración, del compresor	Comprobación de las presiones en el circuito. Carga si es necesario	45	CG-2	Especialista frigorífico	17	Semestral	2	90	Pendiente
		Limpieza	Limpieza general	20	CG-3	Operario mantenimiento	17	Semestral	2	40	Pendiente
	Tuberías de desagües	Estado	Cambio	30	Tub-1	Operario mantenimiento	17	Anual	1	30	Pendiente
	Paneles de cámara	Revisión y limpieza	Limpieza, cambio, reparación o notificación conformidad.	30	Inf-1	Operario mantenimiento	17	Anual	1	30	Pendiente
	Puerta de cámara	Estado. Sellado correcto	Cambio, ajuste o notificación conformidad.	45	Inf-2	Operario mantenimiento	17	Anual	1	45	Pendiente
	Nivel acústico	De todo el sistema funcionando	Apriete y sujeción de tornillería	30	Inf-3	Operario mantenimiento	17	Anual	1	30	Pendiente
	Recinto de la cámara	Limpieza	Limpiar las superficies y el interior de la habitación (suelo, paredes, estantes, juntas de puertas, sifones). Retirar el hielo existente	40	Inf-4	Operario mantenimiento	17	Semanal	52	2080	Pendiente
	Rejillas de ventilación y aireadores	Limpieza	Limpiar con agua, paño o aire comprimido	40	Inf-5	Operario mantenimiento	17	Mensual	12	480	Pendiente

Tabla 27 - Capítulo IV - Promedio de intervenciones

Equipo	2018	2019	2020
EQ 01	1	1	0
EQ 02	1	0	0
EQ 03	1	0	0
EQ 04	0	0	1
EQ 05	2	0	0
EQ 06	0	0	0
EQ 07	0	0	1
EQ 08	0	0	0
EQ 09	0	1	1
EQ 10	1	0	0

Bibliografía

- A. (2018). 2018 ASHRAE Handbook-Refrigeration (ASHRAE Handbook Refrigeration Systems/Applications Inch-Pound System). Ashrae.
- DEMICHELIS, A. (2015). Congelación de frutas, hortalizas, hongos, carnes y masas. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala.
- Elettronica Veneta & Inel SPA – Manual de refrigeración
- GARCIA GARRIDO, F. (2005). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Diaz de Santos.
- J.M. FRANCO LIJÓ Manual de refrigeración (2006). Reverté. S.A.
- KINJIRO NAKANO – Planned Maintenance
- MIRALLES, J. A. R. (1994). *Refrigeración (Construcción)*. CEAC.
- TORRES, L., 2004. Mantenimiento, su implementación y gestión. 1st ed. Córdoba: Universitas.
- UN Habitat (2017) - Results Based Management Handbook
- VIVEROS, P., STEGMAIER, R., KRISTJANPOLLER, F., BARBERA, L., & CRESPO, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125–138.
- GRADOS, R. C. (s/f). Factores de cuidado en cámaras de refrigeración y congelación. Com.mx. Disponible en: <<https://0grados.com.mx/factores-de-cuidado-en-camaras-de-refrigeracion-y-congelacion/>>
- Organización Internacional de Normalización [ISO] Norma 9001:2015
- PALENCIA, O. (2021). *Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad*. Reliability Web. Disponible en: < <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/>>
- NIETO, A. (2007, noviembre 22). El Compresor: Parte Fundamental en los Sistemas de Refrigeración. Disponible en: <<https://www.mundohvacr.com.mx/2007/11/el-compresor-parte-fundamental-en-los-sistemas-de-refrigeracion/>>
- NIETO, A. (2008, mayo 7). El Frío en la Conservación de Alimentos. Disponible en: <<https://www.mundohvacr.com.mx/2008/05/el-frio-en-la-conservacion-de-alimentos/>>
- Mantenimiento y gestión de activos físicos. (2019, octubre 14). Predictiva21.com. Disponible en: <<https://predictiva21.com/mantenimiento-gestion-activos-fisicos/>>
- Análisis de Criticidad Integral de Activos. (2019, diciembre 23). Predictiva21.com. Disponible en: <<https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos/>>
- HVAC&R, R. M. (2020, octubre 12). 4 variables de control en la cadena de frío para la seguridad alimentaria. Disponible en: <https://www.mundohvacr.com.mx/2020/10/4-variables-de-control-en-la-cadena-de-frio-para-la-seguridad-alimentaria/>
- ¿Que es mantenimiento industrial? Objetivos, Utilidad, Historia. [online] Disponible en: <<https://blog.conducetuempresa.com/2018/10/que-es-mantenimiento-industrial.html>>