

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO
PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS
COMERCIALES EN PUNTOS DE VENTA DEL SECTOR ALIMENTICIO

POR:

SANTIAGO ARDILA SUÁREZ

NICOLÁS SUÁREZ GÓMEZ



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
BOGOTÁ
2025

MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO
PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS
COMERCIALES EN PUNTOS DE VENTA DEL SECTOR ALIMENTICIO

POR:

SANTIAGO ARDILA SUÁREZ

NICOLÁS SUÁREZ GÓMEZ

PROYECTO PRESENTADO COMO OPCIÓN DE GRADO PARA OPTAR AL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

ING. DEMIS GERARDO RUGELIS VÁZQUEZ

DIRECTOR

ING. JORGE RENÉ SILVA LARROTTA

CODIRECTOR



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

BOGOTÁ

2025

CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2. OBJETIVOS.....	7
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
3. MARCO TEORICO	8
TIPOS DE MANTENIMIENTO	10
AMEF	11
ANALISIS DE CRITICIDAD - RPN	12
SOFTWARE SAMM	14
MATRIZ DE CRITICIDAD	15
METODOLOGIA RCM	16
4. CONTEXTO OPERACIONAL.....	20
FUENTES DE INFORMACION.....	20
INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	21
INFORME GENERAL / INDICADORES	25
PARETO	33
CONGELADOR PANORAMICO	40
CONGELADORES DE APOYO.....	41
NEVERA DE LITROS	41
NEVERA TRUE	41
OTROS EQUIPOS.....	42
HALLAZGOS OPERACIONALES	42
5. MATRIZ DE CRITICIDAD.....	45
COMPOSICION DE LA MATRIZ UTILIZADA	45
CALCULO DE CRITICIDAD.....	46
CLASIFICACION DE LOS NIVELES DE CRITICIDAD	43
ANALISIS DE RESULTADOS DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD	50
6. ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA	52
CLASIFICACION DE CRITICIDAD DEL RPN	58
7. HOJA DE DECISION RCM.....	65
ARBOL DE DECISION RCM	66
HOJA DE DECISION RCM.....	67

INDICE DE TABLAS

1. INFORME GENERAL DE MANTENIMIENTO	25
2. MTBF	27
3. MTTF	29
4. MTTR.....	30
5. ICP.....	32
6. DATOS DE PARETO BOGOTÁ NORTE.....	35
7. CRITERIOS EVALUADOS	47
8. MATRIZ DE COLORES	48
9. MATRIZ DE CRITICIDAD	50
10. CALCULO RPN	59
11. FALLOS OCULTOS	60
12. SEGURIDAD FISICA	60
13. MEDIO AMBIENTE.....	60
14. IMAGEN CORPORATIVA	61
15. COSTOS DE REPARACION.....	61
16. OCURRENCIA	61
17. DETECCION	61
18. HOJA DE DESICION	67

1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Una compañía del sector alimenticio que agrupa marcas reconocidas en el mercado nacional e internacional, dedicadas a la comercialización de productos como helados, café y pastelería, además de operar franquicias y puntos de venta en distintos países de Latinoamérica. Con más de 250 puntos de venta en Colombia, la organización requiere garantizar la continuidad de sus operaciones y la disponibilidad de equipos críticos que soportan la cadena de valor, tales como congeladores, vitrinas refrigeradas, cafeteras, hornos, licuadoras industriales y demás equipos de apoyo para la atención al cliente.

Actualmente, la gestión del mantenimiento comercial se soporta en un sistema CMMS (Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado), herramienta que permite reportar novedades, programar actividades y centralizar la información relacionada con las intervenciones en los equipos. Sin embargo, el uso del sistema se ha concentrado principalmente en el mantenimiento correctivo, es decir, en atender fallas una vez ocurren.

La ausencia de un plan de mantenimiento preventivo estructurado y estandarizado para todos los puntos de venta limita la capacidad de la empresa para anticiparse a fallas y optimizar recursos. Aunque el CMMS cuenta con la funcionalidad para programar actividades periódicas, esta no ha sido aprovechada de manera integral para garantizar el cumplimiento actividades preventivas, que pueden ser limpiezas, inspecciones, cambios por repuestos, entre otras.

De esta manera, la compañía enfrenta un escenario donde el mantenimiento es reactivo, poco planificado y dependiente de la ocurrencia de fallas, lo que no solo incrementa los costos operativos, sino que también afecta la experiencia del cliente y la confiabilidad del servicio.

Por lo tanto, se hace necesario diseñar un plan de mantenimiento preventivo, apoyado en el uso eficiente del CMMS corporativo, que contemple la clasificación de equipos por

criticidad, la definición de rutinas periódicas y la implementación de indicadores de gestión, con el fin de migrar hacia un modelo de gestión del mantenimiento más eficiente, confiable y sostenible.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los puntos de venta del distrito Bogotá Norte de una empresa del sector alimenticio, aplicando la metodología de RCM, con el fin de mejorar la confiabilidad operativa de los equipos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Analizar el contexto operacional de los equipos en los puntos de venta del distrito Bogotá Norte, integrando la información disponible en el CMMS de la compañía, el histórico de fallas existente y la evidencia recopilada mediante observación directa, entrevistas y validación con personal técnico, con el fin de complementar posibles vacíos derivados del enfoque correctivo que ha predominado en la gestión actual.
2. Elaborar una matriz de criticidad basada en criterios técnicos validados con los responsables de mantenimiento, considerando que los registros históricos pueden estar incompletos o sesgados. Para ello, se combinarán los datos disponibles con la experiencia del personal experto y la revisión documental de especificaciones de fabricantes, asegurando mayor confiabilidad en la clasificación de los equipos.
3. Realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF/FMEA) para los equipos priorizados según la matriz de criticidad, identificando causas, consecuencias y estrategias de mitigación.
4. Definir las actividades y frecuencias de mantenimiento preventivo para los equipos priorizados, considerando su criticidad y comportamiento operacional.

3. MARCO TEÓRICO

El mantenimiento industrial ha sido parte de la historia humana, se remonta su surgimiento en la mitad del siglo XVIII durante la primera revolución industrial en Gran Bretaña, que posteriormente se expandiría por Europa occidental y América anglosajona. Durante este periodo el tipo de mantenimiento que prevaleció fue el mantenimiento correctivo o mantenimiento reactivo el cual se basa en reparar la máquina cuando esta ha parado, eran los mismos operarios quienes realizaban este tipo de tareas pues no existía un equipo dedicado única y exclusivamente a esta actividad. Durante esta primera etapa no solo se dió el avance industrial sino el surgimiento de factores como la seguridad de los operarios, la productividad y el costo por reparación que motivaron a las industrias a crear un departamento dedicado al mantenimiento dentro de sus fábricas (MovilGmao, 2018).

Durante la Segunda Guerra Mundial aparece el mantenimiento preventivo, el concepto de fiabilidad que define la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un periodo de tiempo bajo condiciones específicas, bien fuera condiciones de velocidad, tensión, vibraciones, presión y temperatura. Esto no solo suponía el reparar la maquinaria cuando dejaba de operar inesperadamente sino de prevenir futuras fallas y asegurar su funcionamiento mientras sus activos estaban operando. Aunque esto mejoró la confiabilidad de los equipos, aún existía un margen de optimización por el que debían trabajar

En el año 1970, apareció el software CMMS – Desarrollo de Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora o también conocido como GMAO (gestión de mantenimiento asistida por ordenador). Dicho software potenció el mantenimiento preventivo de una manera más eficaz dentro de las organizaciones pues ahora no solo cumplía el rol de planificar tareas sino de programar, automatizar tareas repetitivas, optimizar la gestión de inventario y sobre todo pasar de un enfoque reactivo a uno predictivo y preventivo, reduciendo

tiempos de inactividad, costos por operación y prolongación de la vida útil de los equipos. Además de estos conceptos surge el RCM (mantenimiento basado en la fiabilidad), conceptos y avances que presionaron al departamento de mantenimiento a tener un personal más cualificado con estudios determinados para ejercer dicha profesión. (MovilGmao, 2018)

En los años 90 se hace introducción a las normas ISO que alentó a las empresas a adoptar sistemas de gestión de calidad. Durante esta etapa donde el mercado era más competitivo y con el desarrollo tecnológico de monitorización, como sistemas de análisis de datos, sensores, diagnósticos de termografía, ultrasonidos, análisis de vibraciones dio surgimiento al mantenimiento predictivo un elemento crucial para garantizar la calidad de servicios y productos, permitiendo predecir fallas potenciales y tomar medidas antes de que ocurrieran. (Ramón Toro, 2023)

De los años 2000 a 2010 se continuó el desarrollo del mantenimiento predictivo, evolución que contó con el monitoreo de la condición de elementos recolectores de información (sensores y herramientas a recopilación de datos) y el análisis de datos a gran escala que permitió predicciones más precisas de fallas en equipos. Además, gracias a su continua evolución y adaptabilidad también surgió móvil GMAO que incorpora el uso de smartphones en el ámbito laboral para que los técnicos tengan control de sus equipos y activos tanto dentro como fuera de planta. Este hecho no solo beneficia el cuidado de la maquinaria sino también todos los otros departamentos de la empresa. Pues donde hay equipos fiables, hay producción y por consecuencia hay ganancias.

Actualmente y contando con toda una evolución en los tipos de mantenimiento que una organización puede adoptar, sigue habiendo empresa cuyo mantenimiento es específicamente correctivo y aunque es indiscutible su importancia porque nunca se sabe cuándo puede fallar

una máquina, la competencia y el mercado exigen reducir costes, exigen mayor competitividad, exigen calidad y un buen servicio.

Dentro del presente trabajo es preciso comprender las siguientes definiciones: Software, tipos, punto de venta, metodología RCM, AMEF.

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo:

También conocido como mantenimiento rutinario tiene como fin evitar paradas inesperadas. Se lleva a cabo según un calendario fijo y suele incluir ocupaciones como limpieza, lavado, inspección y sustitución de equipos. Suele realizarse en tiempos muertos como los entre turnos o fines de semana con el objetivo de no parar la producción.

Mantenimiento Correctivo:

El mantenimiento correctivo es un mantenimiento reactivo, que implica reparar o sustituir equipos y maquinaria después que han fallado. Es el más común dentro de las empresas que no cuentan con cronogramas de inspección y revisión.

Mantenimiento Predictivo:

Se basa en el monitoreo de la condición actual del equipo y la programación de las tareas de mantenimiento cuando los indicadores sugieren que una falla puede estar próxima. Se realiza mediante tecnologías de monitorización y diagnóstico como la termografía, ultrasonidos, análisis de vibraciones, entre otras.

Este tipo de mantenimiento permite minimizar las interrupciones del servicio y aplicar sus recursos de manutención solo cuando sean necesarias. (Rosales, 2022).

AMEF

De acuerdo con la plataforma de software Salesforce, define el análisis modal de fallas y efectos (AMEF) como “Una herramienta de análisis eficaz basado en un método sistemático, que identifica, evalúa y mitiga posibles problemas y fallas en productos, procesos o sistemas. Además, busca identificar los problemas, anticipar riesgos y prevenir los efectos negativos de eventuales fallas” (Salesforce Latam, 2025).

Otra definición que complementa la anterior sería. De acuerdo con Moubray (1997) un modo de falla podría ser definido como cualquier evento que causa una falla funcional. Existe una relación directa entre lo que es falla funcional y modo de falla. La falla funcional hace referencia la pérdida de la función mientras que el modo de falla hace referencia a las causas de la falla. La descripción de un modo de falla debe consistir en un sustantivo y un verbo. La descripción debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada.

El objetivo de la metodología AMEF, es prevenir y aplacar los fallos antes de que ocurran mediante la identificación de las causas, realizando una evaluación de los posibles efectos y de la probabilidad de que se den y, a partir del estudio realizado, implementar medidas esencialmente preventivas según sea necesario, permitiendo a las organizaciones aprender de sus errores, optimizar sus recursos de manera eficiente beneficiando no solo la producción y ganancia de la empresa sino también una mayor satisfacción en el cliente otorgando productos más confiables y seguros.

Existen varios tipos de AMEF, bien sea aplicado al diseño de un producto o servicio, de procesos enfocado en descubrir y mitigar fallas en producción y por último el de sistemas enfocado en analizar y prevenir cualquier problema relacionado con sistemas tecnológicos (software).

Bajo esta premisa, el presente trabajo de grado incorpora el uso del Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) como herramienta inicial para identificar y estructurar las funciones de los equipos, sus fallos funcionales, modos de falla, causas y efectos asociados. Este análisis permitirá comprender de manera detallada cómo y por qué fallan los insumos de sistemas de refrigeración junto con los pertenecientes a Cookie Jaar con manejo de hornos, y mantenedores de galletas esencialmente en condiciones reales de operación.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD – RPN

El Número de Prioridad de Riesgo (RPN, por sus siglas en inglés) es un indicador numérico utilizado en el análisis AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) que permite evaluar el nivel de criticidad de un modo de falla. Este indicador facilita la priorización de riesgos, apoyando a la organización o al equipo de mantenimiento en la toma de decisiones sobre las acciones correctivas o preventivas a implementar.

Variables del RPN

De acuerdo con lo propuesto por Alberto Mora Gutiérrez (2009, p. 355), el cálculo del RPN se fundamenta en tres variables principales: Severidad, Ocurrencia y Detección, cada una evaluada en una escala de 1 a 4, donde 1 representa una afectación baja o nula y 4 una afectación alta.

Severidad (S)

La severidad mide el impacto de un modo de falla y se determina a partir de la combinación ponderada de varios factores, los cuales se describen a continuación:

- Seguridad Física (SF): Nivel de riesgo que la falla representa para la integridad del operario o de las personas en el entorno.

- Fallos Ocultos (FO): Fallas que no son evidentes durante la operación normal y que se manifiestan bajo condiciones específicas o ante la ocurrencia de otra falla.
- Medio Ambiente (MA): Impacto de la falla sobre el entorno y el uso de recursos.
- Imagen Corporativa (IC): Efecto de la falla en la percepción del cliente respecto a la calidad del producto o servicio.
- Costos de Reparación (OR): Costos asociados a la corrección de la falla, incluyendo repuestos, mano de obra y tiempo de inactividad.
- Efectos en Clientes (OC): Impacto económico generado por la falla, como pérdida de producto, imposibilidad de venta o disminución de la demanda.

Cada uno de estos factores se evalúa en una escala de 1 a 4 y se multiplica por su respectivo coeficiente de ponderación. La severidad total se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Severidad = FO \cdot K_{FO} + SF \cdot K_{SF} + MA \cdot K_{MA} + IC \cdot K_{IC} + OR \cdot K_{OR} + OC \cdot K_{OC} = S_1$$

Ecuación 1. Cálculo de severidad

Donde K corresponde a los coeficientes de cada factor, definidos según el modelo propuesto por el autor.

$K_{FO} = 0,05 \text{ o } 5\% ; K_{SF} = 0,02 \text{ o } 20\% ; K_{MA} = 0,10 \text{ o } 10\% ;$ $K_{IC} = 0,30 \text{ o } 30\% ; K_{OR} = 0,30 \text{ o } 30\% ; K_{OC} = 0,05 \text{ o } 5\%$
--

Imagen 1. Coeficientes de factores de Severidad. Alberto Mora, G. (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 352-356)

Ocurrencia (O)

La ocurrencia representa la frecuencia o probabilidad con la que se presenta una falla. Esta variable se califica en una escala de 1 a 4, donde valores más altos indican una mayor probabilidad de ocurrencia.

Detección (D)

La detección hace referencia a la capacidad del sistema para identificar una falla antes de que esta genere consecuencias. Al igual que las variables anteriores, se evalúa en una escala de 1 a 4, donde valores bajos indican mayor capacidad de detección y valores altos menor probabilidad de detectar la falla oportunamente.

Finalmente, para obtener el Número de Prioridad de Riesgo (RPN), se aplica la siguiente Ecuación:

$$RPN = S \cdot O \cdot D$$

Ecuación 2. Cálculo RPN

Este resultado permite clasificar los modos de falla según su nivel de criticidad, facilitando la priorización de acciones dentro del plan de mantenimiento.

Software SAMM (CMMS de la compañía)

SAMM (Software de Mantenimiento y Postventa) es una solución integral en la nube (SaaS) y aplicación móvil diseñada para gestionar, controlar y optimizar el mantenimiento de activos, preventivos, correctivos y servicios de campo. Desarrollado por Idae Soluciones, permite a técnicos e ingenieros realizar reportes, gestionar órdenes de trabajo, controlar repuestos y analizar indicadores de rendimiento (KPIs) en tiempo real, incluso sin conexión a internet.

Funciones Clave de SAMM Mantenimiento:

- **Gestión de Activos:** Mantiene hojas de vida detalladas de equipos, incluyendo historial técnico y repuestos.
- **Mantenimiento Preventivo:** Programación automática de alertas y rutinas para reducir tiempos de inactividad.
- **App para Técnicos:** Aplicación móvil offline para recibir tareas, llenar informes de servicio y tomar fotografías.
- **Control de Costos:** Analiza la rentabilidad al cruzar mano de obra, repuestos y tiempos de servicio contra los ingresos.
- **Portal de Clientes:** Permite a los clientes generar solicitudes de servicio (tickets) directamente.¹

MATRIZ DE CRITICIDAD

La matriz de criticidad es una herramienta de análisis utilizada en la gestión del mantenimiento para priorizar equipos de acuerdo con el nivel de riesgo que representan para la operación. Este método permite identificar cuáles activos requieren mayor atención, recursos y análisis detallado, considerando tanto la probabilidad de falla como las consecuencias asociadas a dicha falla.

En el contexto del presente proyecto, la matriz de criticidad se emplea como un paso previo y fundamental para la aplicación del Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) y la metodología RCM, permitiendo enfocar el análisis únicamente en los equipos que representan un impacto significativo para la operación, la calidad del producto y la continuidad del servicio.

Metodología RCM:

El RCM o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Es un proceso de mantenimiento personalizado para cada máquina con el objetivo de reducir la probabilidad del cambio de activos, reduciendo así costos. Se diferencia de otros tipos de mantenimiento en que trata cada activo de forma distinta dependiendo de las necesidades específicas. Igualmente, se debe aplicar una metodología o estrategia RCM que guíe el análisis de un activo desde sus funciones hasta las acciones correctivas incluyendo:

- ¿Cuáles son las funciones del equipo? Primarias y secundarias
- ¿Cómo puede fallar?
- ¿Qué causa la falla?
- ¿Qué sucede cuando ocurre?
- ¿Qué consecuencias tiene?
- ¿Qué se puede hacer para prevenirla?
- ¿Qué hacer si no se puede prevenir?

Este tipo de metodología es conocido como las 7 preguntas del RCM que tienen como fin conocer, comprender el funcionamiento de cada equipo e identificar sus posibles fallas más comunes y cómo actuar para evitar o minimizar posibles fallas a futuro.

Definiciones de funciones del sistema RCM

De acuerdo con Moubray (1997). Se conoce como función primaria por ser la razón principal por la que es adquirido el activo físico. Son las razones por las cuales existe el activo, por lo que es conveniente definir las tan precisamente como sea posible.

Funciones secundarias

Las funciones secundarias, hacen referencia a funciones adicionales que la mayoría de los activos cuentan además de la primaria. Para asegurarse que se están catalogando correctamente se dividen en siete categorías de la siguiente manera con sus respectivas definiciones, tomadas del libro de RCM de Jhon Moubray:

- Estructural: Muchos activos tienen funciones secundarias de tipo estructural. Estas por lo general comprenden funciones como la de sostener otro activo, otro subsistema u otro componente.
- Seguridad: La gran mayoría de los usuarios quieren estar razonablemente seguros de que sus máquinas no le causarán ningún daño y menos la muerte.
- Control/Confort: Los usuarios, no solo quieren que los activos cumplan con sus funciones con un determinado estándar de funcionamiento, sino que también desean poder regular dicho funcionamiento.
- Ambiental: Los usuarios, pretenden que la producción esté ligada no solo a un producto de calidad, sino también a los estándares internacionales y/o nacionales de protección del medio ambiente.
- Protección: A medida que los activos físicos incrementan su nivel de complejidad, también aumenta la cantidad de formas en las que sus componentes pueden deteriorarse o fallar. Esta complejidad se refleja en la interacción de elementos mecánicos, eléctricos y térmicos que están expuestos de manera continua a condiciones de operación exigentes
- Eficiencia: Toda empresa que cuenta con activos, tiene recursos financieros finitos. Por lo que es fundamental poner límites en el gasto en la operación y en el mantenimiento.

- Superfluas: Son componentes que no molestan, de tipo estético pero que si se descuidan pueden causar una mala imagen, por lo que también que cuesta dinero mantenerlo.

Tareas a condición

De acuerdo con Moubray (1997) las tareas a condición son consideradas primero en el proceso de selección de tareas, por las siguientes razones:

- Casi siempre pueden ser realizadas sin desplazar el activo físico de su ubicación y generalmente mientras continúan en servicio, con lo que es raro que interfieran con el proceso de producción o que se apague un equipo.
- Identifican condiciones específicas de falla potencial, de modo que se puede definir claramente la acción correctiva antes de que comience el trabajo. Esto reduce la cantidad de trabajos de reparación, y hace posible realizarlos más rápidamente

Tarea de reacondicionamiento cíclico

Consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad establecido, independientemente de su condición en ese momento. También conocidas como tareas de retrabajo cíclicos que suelen incluir revisiones o cambios completos hechos a intervalos preestablecidos. De igual manera, la empresa debe contar que aplicar una tarea de reacondicionamiento cíclico involucran trabajos de taller, por lo que generan una carga de trabajo mucho mayor que las tareas a condición y que las tareas de sustitución dependiendo de cual es más costosa o consume mayor tiempo de reparación o cambio.

Tareas de sustitución cíclica

Se entiende por tarea de sustitución cíclica cuando se reemplaza un componente o un equipo por un nuevo a intervalos fijos sin intentar evaluar la condición del activo viejo. Estas

consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida independientemente de su condición en ese momento.

Combinación de tareas

Para algunos pocos modos de falla con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, no se puede encontrar una tarea que por sí sola reduzca el riesgo de falla a un nivel tolerablemente bajo, ni tampoco se vislumbra un rediseño adecuado.

En estos casos a veces es posible encontrar una combinación de tareas (generalmente de dos categorías diferentes, tales como una tarea a condición y una sustitución cíclica) que reduzcan la falla a un nivel tolerable. Cada tarea es llevada a cabo con la frecuencia apropiada para cada una. Sin embargo; debe puntualizarse que las situaciones en las que sucede esto es muy poco frecuente y debe tenerse cuidado de no aplicarlo como “seguro del seguro” o “por las dudas” debe realizarse bajo un criterio establecido, analizando pros y contras y aterrizado a la situación de la empresa.

4. CONTEXTO OPERACIONAL

4.1. Fuentes de información

Para el desarrollo de este capítulo, se utilizaron varias fuentes de información con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de datos y obtener una visión integral del contexto operacional en los puntos de venta. Estas son:

1. Se recopiló información de años anteriores gracias al informe elaborado por la empresa que recopila la cantidad de mantenimientos correctivos y preventivos de cada mes, indicando sus resultados en una gráfica de tendencia. Este archivo se encuentra en los anexos como [“INFORME_GENERAL”](#)
2. La información fue recopilada a partir del acompañamiento de los coordinadores de mantenimiento en el sistema de gestión SAMM, el cual contiene registros históricos de fallas, intervenciones técnicas, tiempos de operación y frecuencia de mantenimiento de los equipos entre enero y diciembre de 2025. Dicha información se descargó y quedó adjuntada como anexo con el nombre [“Sabana_de_solicitudes_Comerical”](#).
3. Adicionalmente, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada en Google Forms con el nombre [“Levantamiento de Información de Equipos”](#) la cual fue validada inicialmente en el punto de venta Bogotá 86 y posteriormente distribuida a nivel distrital. Esta permitió recolectar el contexto operacional de los equipos y la información necesaria para la elaboración de [“fichas técnicas”](#) y análisis de fallas.
4. En cuanto a la identificación de problemáticas recurrentes, se descargó del software SAMM un informe de Pareto que contiene los principales motivos de servicio por los cuales fueron atendidos los puntos de venta. Este informe permite visualizar una estadística organizada por cada distrito, donde se evidencia la cantidad de servicios correctivos y preventivos realizados para cada uno de los equipos que componen los

puntos de venta. La información obtenida facilita la identificación de las fallas más frecuentes y de los equipos con mayor incidencia operativa. Revisar anexo “PARETO TRABAJO GRADO”.

5. Se realizaron 3 inspecciones directas en los puntos de venta más representativos del distrito, con el fin de recolectar información en tiempo real y comprender la forma de operación de los equipos. Durante estas actividades, también se recibió una capacitación por parte del coordinador de entrenamiento de la compañía, en la cual se explicó el manejo adecuado de cada equipo y se brindó una visión práctica de la operación diaria en los puntos de venta.

4.2. Información de la empresa y actual método de mantenimiento aplicado

CONTEXTO OPERACIONAL DE PUNTOS DE VENTA

Antes de abordar el contexto operacional de los equipos, es importante entender qué es un punto de venta, cuántos existen a nivel nacional y cuál es el alcance del presente proyecto.

Un punto de venta corresponde a la unidad operativa donde se realiza la comercialización directa del producto al cliente o consumidor. Estos espacios, distribuidos a lo largo del país, integran equipos de refrigeración, congelación, hornos, vitrinas panorámicas y de apoyo, así como sistemas eléctricos que permiten garantizar la calidad, conservación y disponibilidad del producto.

La compañía cuenta con aproximadamente 250 puntos de venta a nivel nacional, de los cuales 17 corresponden a franquicias. En estos casos, la gestión de mantenimiento no es asumida directamente por la empresa, sino que es responsabilidad del franquiciado.

La operación se encuentra distribuida en 16 distritos, cada uno con un gerente encargado de la gestión operativa. El área de Mantenimiento Comercial es una unidad de

reciente creación, estructurada a partir de julio de 2024, con el objetivo de centralizar, estandarizar y fortalecer la gestión técnica de los activos instalados en los puntos de venta.

Para la ejecución de las actividades de mantenimiento, el área dispone de un presupuesto equivalente al 1,3 % de las ventas generadas por cada punto de venta, recurso destinado a la atención de mantenimientos preventivos, correctivos y requerimientos asociados a la conservación de los equipos e infraestructura operativa.

Actualmente, el equipo está conformado por:

- 8 coordinadores de mantenimiento, cada uno con una zona geográfica asignada
- 25 técnicos de refrigeración
- 8 técnicos locativos
- 1 coordinador de bodega y soporte logístico a nivel nacional

La distribución regional de los coordinadores es la siguiente:

- Bogotá: 4 distritos atendidos por 2 coordinadores
- Barranquilla y Costa Norte: 1 coordinador
- Sur Occidente y Cali: 1 coordinador
- Antioquia y Costa Sur: 1 coordinador
- Llanos y Santanderes: 1 coordinador
- Eje Cafetero y Tolima Grande: 1 coordinador
- Marca Juan Valdez: 1 coordinadora con cobertura nacional
- 1 coordinador adicional encargado de la gestión de bodega

Cabe resaltar que, a pesar de la organización establecida, se cuenta con el apoyo de diversos proveedores externos de mantenimiento tanto en refrigeración como en infraestructura

en las diferentes ciudades. Esto se debe a que uno de los principales retos operativos es la insuficiencia de personal técnico asignado en cada zona del país, lo cual no permite cubrir de manera oportuna la totalidad de puntos de venta a nivel nacional.

El presente proyecto se centra en el distrito de la ciudad de Bogotá, el cual se divide en Bogotá Centro, Bogotá Norte, Bogotá Sur y Bogotá Occidente. Estos distritos son atendidos por dos coordinadores de mantenimiento: uno encargado de Bogotá Centro y Norte, y otro de Bogotá Sur y Occidente. Cada coordinador cuenta con dos técnicos de refrigeración y un técnico de mantenimiento locativo.

El desarrollo del proyecto se enfoca específicamente en el Distrito Bogotá Norte; sin embargo, la metodología planteada podrá ser replicada en los demás puntos de venta, tanto a nivel nacional como internacional.

El distrito Bogotá Norte cuenta con aproximadamente 13 puntos de venta. Para su atención, dispone de dos técnicos de refrigeración y un técnico de mantenimiento locativo, bajo la supervisión de un coordinador de mantenimiento.

SOLICITUDES MANTENIMIENTO

La gestión de solicitudes de mantenimiento se realiza de dos maneras, bien sea para atender solicitudes de mantenimiento correctivo y la creación de solicitudes de mantenimiento preventivo. Estas se descargan semanalmente de la [sabana de solicitudes](#) para actualización de indicadores de desempeño de técnicos y coordinadores.

Solicitudes de mantenimiento Correctivo: Estas se hacen mediante el gerente de distrito (como puede ser de Bogotá 86, Medellín 20, Cali 2, Florencia 1, Barranquilla 27 etc.) y el coordinador de zona, el puente entre estos dos es el software de mantenimiento SAMM, donde el gerente carga una solicitud informando el equipo dañado, el software carga esto a la base

central con fecha y hora de creación destinada al coordinador correspondiente el cual revisa la información y agenda al técnico para su disponibilidad lo antes posible. De igual manera por experiencia propia como practicantes y coordinador (Nicolás Suárez) de la empresa, se cuentan con reuniones semanales los Lunes y Jueves de mantenimiento correctivos de todo el país, acompañado de todo el equipo de trabajo junto al gerente de mantenimiento comercial.

Solicitudes de mantenimiento Preventivo: El proceso inicia con la revisión del cronograma actual de mantenimiento preventivo de la compañía, el cual contiene información como la zona, sucursal, gerente de distrito, dirección, coordinador, técnico asignado y la periodicidad de programación por semanas. A partir de este cronograma se organiza la ejecución de las actividades, distribuyendo cada mes en cuatro semanas, en las cuales se asignan los técnicos responsables. Este mismo esquema se replica en cada distrito, permitiendo llevar un control ordenado de las intervenciones programadas.

El actual inconveniente que tiene el área de mantenimiento es que el cronograma vigente tiene un problema en la periodicidad. En una de las reuniones con el gerente de mantenimiento en revisión del cronograma se evidenció que hay puntos de venta donde se realizan mantenimiento de forma anual y semestral sin un criterio claro o establecido para cada máquina en la compañía.

Junto a ello, el cronograma presenta inconsistencias en la asignación de técnicos. Por ejemplo, un punto de venta en Cali tiene programado un mantenimiento preventivo anual para un congelador vertical de 16 pies, por lo que solo debería requerir una visita técnica al año. Sin embargo, en la distribución semanal se evidencia que se agenda al técnico hasta tres o cuatro veces en el mismo periodo.

Esta situación ha llevado a que los coordinadores, debido al alto volumen de solicitudes, programen visitas innecesarias, generando gastos adicionales en transporte y tiempo, que

podrían destinarse a la atención de mantenimientos correctivos ya programados. O en muchas ocasiones que se cancelen las visitas programadas cuando si se requería un mantenimiento preventivo.

Informe general de Mantenimiento

T_Ser	CANA	Clase de Servicio	Mes	Est Act						
			enero	febrero	marzo	abril	mayo	juni	julio	agosto
										septiembre
CA										
		Correctivo	877	1009	881	959	1077	811	4	905
		Preventivo	94	114	40	79	138	40	109	380
										808
										337
		Total				103			133	
		CA	971	1123	921	8	1215	851	3	1285
										1145
ECC										
		Correctivo	175	198	179	205	163	137	172	126
		Preventivo	43	26	34	55	30	39	8	4
										89
										4
		Total								
		ECC	218	224	213	260	193	176	180	130
										93

Tabla 1. Informe general de mantenimiento. Elaboración de la empresa

La Tabla 1 presenta los mantenimientos correctivos y preventivos realizados en la compañía y Equipos Café Colombia – ECC (franquicias de café) durante el año 2025, de los cuales se destacan las siguientes observaciones:

- Durante el mes de enero se realizaron 971 servicios, de los cuales 877 correspondieron a mantenimientos correctivos. Esto indica que el 89% de los recursos se destinaron a

reparaciones o “apaga incendios”, mientras que solo el 11% se invirtió en actividades preventivas orientadas a garantizar la vida útil de los equipos.

- En febrero, aunque se evidenció un aumento en los mantenimientos preventivos, también hubo un crecimiento considerable en los correctivos, manteniéndose una distribución de recursos similar a la del mes anterior.
- Para marzo, se presentó una disminución en los mantenimientos preventivos, ya que únicamente el 4% de los recursos se destinó al cuidado de los equipos, mientras que el 96% restante fue utilizado en reparaciones correctivas.
- En abril se observó un incremento del 4% en los mantenimientos preventivos; sin embargo, los correctivos continuaron representando la mayor parte de los recursos invertidos.
- Durante mayo, el mantenimiento preventivo volvió a incrementarse en un 4%, alcanzando un total del 12% de los recursos destinados al cuidado de las máquinas.
- En junio, el porcentaje de mantenimiento preventivo volvió a disminuir al 4%, reflejando una caída del 8% en los recursos asignados a este tipo de actividades.
- Para julio, los mantenimientos preventivos aumentaron nuevamente en un 4%.
- En agosto se presentó un crecimiento significativo del 41% en mantenimiento preventivo, lo que representó un aumento del 37% frente al periodo anterior, evidenciando una posible mejora a mediano y largo plazo en la vida útil de los equipos. Aun así, continuó predominando la ejecución de mantenimientos correctivos sobre los preventivos.
- Finalmente, en septiembre se mantuvo un comportamiento similar al observado en agosto, conservando la misma tendencia en la distribución de mantenimientos.

Tabla-MTBF

MTBF (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS) - 2025					
Equipo	Tiempo total de trabajo (hrs en una semana)	No. Averías (una semana)	Tiempo total de fallo (hrs)	MTBF	Tasa en fallos
Congelador Panorámico	56	3	7	16	6,12%
Congelador Vertical	168	2	4	82	1,22%
Congelador de Apoyo	168	2	4	82	1,22%
Congelador de Litros	168	2	4	82	1,22%
Congeladora True	168	1	2	166	0,60%
Horno					
Pastelería	4	1	2	2	50,00%
Vitamix	4	1	2	2	50,00%
Mantenedor de galletas	56	2	3	26,5	3,77%

Tabla 2. MTBF. Elaboración propia

La Tabla 1 presenta el diseño del indicador Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF), cuyo objetivo es medir la fiabilidad y disponibilidad de un activo o dispositivo durante su operación. Este indicador permite determinar el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente, proporcionando una medida del desempeño y confiabilidad del sistema. En general, cuanto mayor sea el valor del MTBF, mayor será la fiabilidad del equipo y menor será la frecuencia con la que se presentan averías.

Para su cálculo se consideran variables como el tiempo total de operación semanal (en horas), el número de averías registradas durante el período de análisis y el tiempo total de inactividad ocasionado por las fallas. A partir de estos datos es posible evaluar el comportamiento operativo de los equipos e identificar oportunidades de mejora en las estrategias de mantenimiento.

Como ejemplo, se analiza el congelador panorámico, cuyo tiempo de operación ideal es de 56 horas semanales, equivalentes a 8 horas diarias durante siete días. De acuerdo con el análisis realizado sobre la sábana de solicitudes de mantenimiento, se identificó que en la zona de Bogotá Norte este equipo presenta, en promedio, tres fallas por semana, las cuales generan un tiempo acumulado de inactividad de aproximadamente 7 horas.

Al aplicar la ecuación correspondiente, se obtiene un Tiempo Medio Hasta el Fallo de 16 horas. Esto significa que, en promedio, el congelador puede operar durante 16 horas continuas antes de que ocurra una nueva falla que provoque su detención. Por lo tanto, cuanto mayor sea el valor de este indicador, mayor será la confiabilidad del equipo y más tiempo podrá operar sin interrupciones.

$$MTBF = \frac{(Tiempo\ Total\ de\ Trabajo - Tiempo\ Total\ de\ Fallo)}{No.\ de\ averías}$$

Ecuación 1. Cálculo MTBF

Tabla-MTTF

Equipo	MTTF (TIEMPO MEDIO HASTA EL FALLO)			No. Activos	MTTF
	TIEMPO DE VIDA ÚTIL	TIEMPO DE VIDA ÚTIL	TIEMPO DE VIDA ÚTIL		
Congelador Panorámico	14600	0	0	1	14600
Congelador Vertical	43800	40000	41000	3	41600
Congelador de Apoyo	14600	14000	0	2	14300
Congelador de Litros	43800	42000	0	2	42900
Congeladora True	43800	0	0	1	43800
Horno Pastelería	7300	0	0	1	7300
Vitamix	7300	7000	7160	3	7153
Mantenedor de galletas	14600	14500	0	2	14550

Tabla 3. MTTF. Elaboración propia

La Tabla 2 presenta el diseño del indicador Tiempo Medio Hasta el Fallo (MTTF) para el escenario más crítico. Este indicador permite determinar el tiempo promedio durante el cual un activo opera correctamente sin presentar fallas ni interrupciones. Para su cálculo se consideraron variables como el tiempo de vida útil de cada activo junto con su cantidad registrada en el Punto de venta. El MTTF se calcula mediante la Ecuación 2, la cual constituye un punto de partida para evaluar la confiabilidad actual de los equipos y conocer cuánto tiempo permanecen en funcionamiento antes de presentar una falla.

Como ejemplo, se toma la ecuación número 2 para el desarrollo del cálculo del congelador vertical el cual cuenta con 3 activos de esta línea en Bogotá 86, cada equipo tiene un tiempo de vida útil estimado entre 43800, 40000 y 41000 horas, se realiza su sumatoria y dicho dato es dividido entre la cantidad de activos es decir 3. Siendo así se interpreta que el

congelador vertical tiene un tiempo medio hasta el fallo de 41600. Entre más grande sea este dato, menos tendrá que gastar la empresa en reparar o sustituir el equipo.

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo Total de Vida Útil}}{\text{No. Activos}}$$

Ecuación 2. Cálculo MTTF

TABLA-MTTR

MTTR (TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN)					
Equipo	Tiempo total en reparar	Tiempo total en reparar	Tiempo total en reparar	No. Activos	MTTR
Congelador Panorámico	3	0	0	1	3
Congelador Vertical	2	1	2	3	2
Congelador de Apoyo	2	2	0	2	2
Congelador de Litros	2	2	0	2	2
Congeladora True	3	0	0	1	3
Horno					
Pastelería	3	0	0	1	3
Vitamix	1	1	1	3	1
Mantenedor de galletas	3	3	0	2	3

Tabla 4. MTTR Elaboración propia

La Tabla 3 presenta el indicador Tiempo Medio de Reparación (MTTR), el cual representa el tiempo promedio necesario para restaurar el funcionamiento de un activo o dispositivo después de que se ha producido una falla. Este indicador se calcula desde el momento en que el personal de operaciones detecta una avería hasta que esta es corregida y el equipo vuelve a estar operativo.

Para su cálculo se consideran dos variables principales: el tiempo total empleado en las reparaciones y el número de fallas o activos intervenidos durante el período de análisis. El MTTR permite evaluar la eficiencia de los procesos de mantenimiento correctivo y la capacidad de respuesta del equipo técnico ante eventos de falla.

En términos de desempeño, un valor bajo de MTTR indica que las reparaciones se realizan en menor tiempo, lo que reduce los períodos de inactividad y mejora la disponibilidad operativa de los equipos. Por lo tanto, cuanto menor sea este indicador, mayor será la confiabilidad y disponibilidad de los activos. Un ejemplo sería con el Congelador de apoyo que cuenta con 2 activos en el punto de venta y ambos tardan un aproximado de 2 horas cada uno en repararse, tratándose en el escenario más crítico. Seguido a ello se aplica la ecuación 3 la cual da como resultado que el tiempo de reparación es de 2 horas. Entre menor sea este número, mayor disponibilidad presentará el activo.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo Total en Reparar}}{\textit{No. de activos}}$$

Ecuación 3. Cálculo MTTR

ICP

Clase de Servicio	AÑO 2025										TOTAL	%	ICP
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre				
Correctivo	63	58	47	95	112	51	73	56		63	618	90%	9
Preventivo	2	3	3	3	2	2		7		48	70	10%	
	65	61	50	98	114	53	80	56		111	688		

Tabla 5. ICP Elaboración propia

La tabla no. 4 muestra el ICP (Indicador de Correctivos contra Preventivos) durante el año 2025 de enero a septiembre en el distrito de Bogotá Norte, este dato enseña que, del total de los mantenimientos el 90% corresponde a correctivos, mientras que el 10% restante a preventivos, es decir por cada 1 mantenimiento preventivo que se realiza, se ejecutan 9 correctivos. Su objetivo al aplicar dicha propuesta es medir y comparar la relación de preventivos contra correctivos que se presenten en el periodo 2026-2 – 2027-1 con el fin de saber si se logró aumentar la cantidad de mantenimientos preventivos.

Gráfica de tendencias

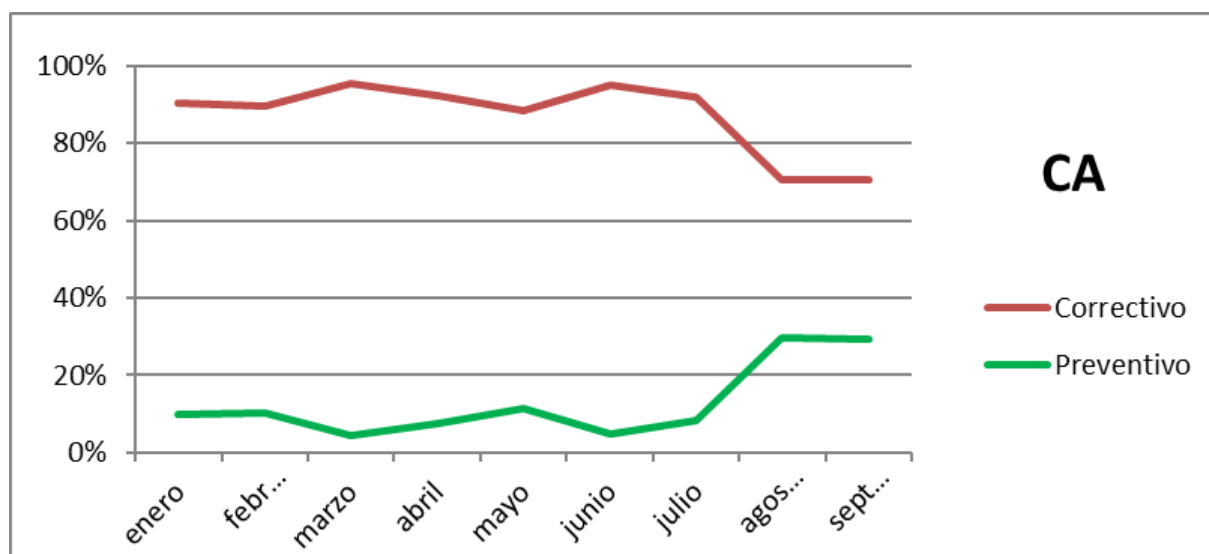


Gráfico 1. Gráfico de tendencias. Elaboración de la empresa.

El gráfico de tendencia muestra una relación inversamente proporcional entre los dos tipos de mantenimiento. Es decir, cuando aumentan los mantenimientos correctivos disminuyen los preventivos, y cuando aumentan los preventivos disminuyen los correctivos. El ideal en una empresa es que la línea verde esté por encima de la línea roja, es decir, que se presente más preventivos que correctivos pues el recurso de la empresa no se vería tan desgastado en reparar y reparar sino en proyectarse a largo plazo para que sus máquinas estén disponibles la mayor parte del tiempo. Y en caso de que presente una falla, su mantenibilidad sea lo más rápida posible.

A lo largo del año 2025, la brecha entre ambos tipos de mantenimiento fue bastante amplia; sin embargo, poco a poco se ha ido reduciendo gracias a las acciones propuestas por el comité de mantenimiento, el cual, desde su creación en 2024, ha mostrado mejoría en el cuidado y atención de los equipos de la empresa. A pesar de estas mejoras, aún existen diferentes factores que afectan el cumplimiento y ejecución de los mantenimientos preventivos.

Uno de los principales es la falta de personal técnico, situación que obliga a la empresa a recurrir a proveedores o terceros para realizar reparaciones y mantenimientos programados.

Otro factor que también juega un papel importante en por qué hay más correctivos que preventivos es por compras, área encargada de gestionar y aprobar los trabajos realizados por proveedores, la cual en muchas ocasiones retrasa los procesos por diferentes motivos. Esto provoca que las actividades de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se vean afectadas por factores externos a su ejecución y planificación.

A esta situación se suma la urgencia generada cuando se presentan fallas en equipos críticos, como máquinas, congeladores verticales de apoyo, panorámicos esencialmente y hornos, los cuales requieren intervención inmediata para no afectar la operación. En consecuencia, los retrasos en el cronograma de mantenimientos preventivos y en las aprobaciones del área de compras dificultan una respuesta oportuna ante estas fallas, aumentando así la necesidad de mantenimientos correctivos.

INFORME DE PARETO

En el informe de Pareto correspondiente al distrito Bogotá Norte se puede observar la cantidad de reportes generados para cada uno de los equipos que componen los puntos de venta. Este análisis permite identificar cuáles equipos presentan la mayor concentración de intervenciones y fallas reportadas dentro de la operación. El principio de Pareto, también conocido como la regla del 80/20, establece que aproximadamente el 80 % de los efectos provienen del 20 % de las causas, por lo que esta herramienta facilita la priorización de los equipos con mayor impacto sobre la gestión de mantenimiento.

Datos de Pareto

EQUIPOS	N° Reportes	% Reportes	% Acumulado
PANORAMICO	29	26,13%	26,13%
CONG. APOYO	25	22,52%	48,65%
CONG. LITROS	17	15,32%	63,96%
VERTICAL	12	10,81%	74,77%
CONG. TOPINGS	9	8,11%	82,88%
EQUI GALLETAS	6	5,41%	88,29%
MAQ CAFÉ	5	4,50%	92,79%
NEV TRUE	4	3,60%	96,40%
HOR PASTELERIA	2	1,80%	98,20%
CONG HORIZONTAL	2	1,80%	100,00%
Total general	111	100,00%	

Tabla 6. Datos de Pareto Bogotá Norte. Elaboración de la empresa

De acuerdo con la información obtenida, los equipos panorámicos presentan la mayor cantidad de reportes con un 26,13 %, seguidos por los congeladores de apoyo con un 22,52 % y los congeladores de litros con un 15,32 %. En conjunto, estos tres equipos representan aproximadamente el 64 % de los reportes registrados en el distrito, evidenciando que gran parte de las intervenciones de mantenimiento se concentran en activos relacionados con la cadena de frío y conservación del producto.

Asimismo, la curva acumulada del gráfico de Pareto evidencia que los primeros cinco equipos concentran más del 80 % de los reportes totales, lo que permite identificar los activos críticos sobre los cuales deben enfocarse inicialmente las estrategias de mantenimiento preventivo. Este comportamiento puede relacionarse directamente con las condiciones operativas de los puntos de venta en Bogotá Norte, caracterizadas por alta rotación de producto, operación continua, aperturas frecuentes y una elevada demanda comercial, factores que incrementan el desgaste de los sistemas de refrigeración.

Gráfico de Pareto

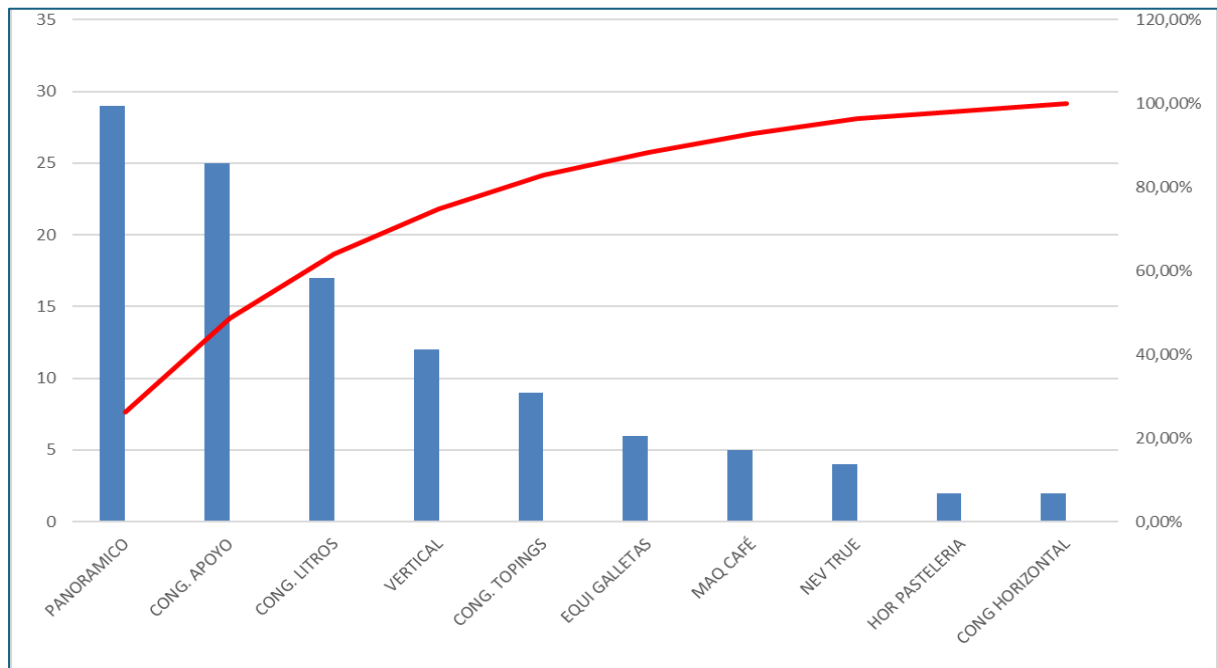


Gráfico 2. Gráfico de Pareto. Elaboración de la empresa.

El análisis de Pareto se convierte así en una herramienta clave para la toma de decisiones dentro del proyecto, ya que permite priorizar recursos, definir estrategias de mantenimiento y orientar el análisis de criticidad y AMEF hacia los equipos con mayor incidencia operativa y mayor impacto sobre la continuidad del servicio.

CONTEXTO OPERACIONAL DE TÉCNICOS Y BODEGA

Todos los técnicos de mantenimiento cuentan con su respectiva dotación y herramientas de trabajo, lo cual garantiza la correcta ejecución de actividades tanto preventivas como correctivas en los equipos de los puntos de venta. Esta dotación incluye tanto elementos de protección personal como herramientas especializadas para diagnóstico e intervención.

En cuanto a herramientas básicas, los técnicos disponen de equipos de uso diario para actividades mecánicas, como juegos de destornilladores, llaves fijas y ajustables, alicates,

martillo y juego de copas. Estas herramientas permiten realizar actividades de desmontaje, ajuste y ensamblaje de los equipos.

Para el diagnóstico eléctrico y electrónico, se cuenta con instrumentos como multímetro digital, pinza amperimétrica y probador de voltaje. Estos equipos son fundamentales para la medición de variables como corriente y voltaje, permitiendo identificar fallas en los sistemas eléctricos.

En el caso de los equipos de refrigeración, los técnicos disponen de herramientas especializadas como manifold de presiones, detector de fugas de refrigerante, bomba de vacío, mangueras y válvulas de servicio, así como herramientas de limpieza como cepillos y aire comprimido para el mantenimiento del condensador.

Adicionalmente, se cuenta con herramientas destinadas a actividades de limpieza y mantenimiento preventivo, como brochas, cepillos, aspiradoras o sopladoras, productos desengrasantes, paños industriales y espátulas plásticas para la remoción de escarcha. Estas actividades son clave, ya que una gran parte de las fallas en los equipos está asociada a la acumulación de suciedad.

Dependiendo del tipo de intervención, los técnicos también pueden utilizar herramientas adicionales como taladro, remachadora, equipos de soldadura y linterna o lámpara portátil, especialmente en trabajos correctivos.

En cuanto a la seguridad, cada técnico cuenta con elementos de protección personal (EPP), entre los que se incluyen guantes, gafas de protección, botas de seguridad, uniforme de trabajo, protección auditiva y mascarilla o respirador cuando es requerido. Estos elementos son fundamentales para prevenir riesgos eléctricos, mecánicos y químicos durante la ejecución de las actividades.

Finalmente, la dotación operativa incluye maletín o caja de herramientas, así como dispositivos para el registro de información y checklists de inspección, los cuales permiten llevar control y trazabilidad de las actividades de mantenimiento realizadas.

La compañía cuenta con una bodega principal ubicada en las afueras de Bogotá, desde donde se realiza la distribución de repuestos e insumos necesarios para los mantenimientos en todo el país.

El principal problema identificado por los empleados de la empresa es la falta de personal técnico. Como se mencionó anteriormente, la empresa ha tenido que recurrir a proveedores externos para cubrir los diferentes distritos del país, entre ellos Bogotá, siendo la ciudad con mayor volumen de ventas y puntos de venta.

El hecho de contar con pocos técnicos para la alta cantidad de mantenimientos requeridos retrasa la estrategia planteada para invertir las líneas de tendencia observadas en el Gráfico 1. Como consecuencia, continúa aumentando la cantidad de mantenimientos correctivos que surgen diariamente, dificultando el fortalecimiento de los mantenimientos preventivos

4.3. Contexto Operacional de un equipo

Para el desarrollo del análisis del contexto operacional se realizó una visita técnica al punto de venta Bogotá 86 como estudio de caso, el cual refleja condiciones típicas de operación a nivel nacional. Esto permitió responder a la pregunta: ¿en qué condiciones reales trabajan los equipos y cómo estas afectan su mantenimiento?

Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- El régimen de operación

- Frecuencia de uso
- Entorno físico
- Dependencia de otros equipos
- Horario de trabajo
- Fuente de energía
- Cantidad de equipos
- Factores internos del punto que puedan afectar su funcionamiento

A partir de entrevistas realizadas en Bogotá, se identificó que todos los puntos de venta, tanto a nivel nacional como internacional, están compuestos por un interior de punto de venta (bodega) y, en algunos casos, una zona de experiencia.

El interior del punto de venta corresponde al espacio donde se ubican los equipos operativos, tales como refrigeradores, congeladores verticales, congeladores de apoyo, malteadoras, máquina de café, tableros eléctricos, hornos y almacenadores de galletas.

La zona de experiencia es un espacio diseñado para el cliente, donde puede consumir productos o realizar actividades como trabajo o estudio. En Bogotá Norte de los 15 puntos de venta, tres puntos cuentan con esta modalidad: Bogotá 86, Bogotá 84 y Bogotá 6. Estos se diferencian porque ofrecen atención a la mesa, lo que genera una dinámica operativa distinta.

La clasificación de los puntos de venta se organiza de la siguiente manera:

- Categoría Doble A (AA): mayor flujo de clientes y mayor volumen de ventas
- Categoría A: alta afluencia
- Categoría B: flujo intermedio
- Categoría C: menor afluencia

Esta clasificación influye directamente en la intensidad de uso de los equipos y en sus requerimientos de mantenimiento.

La bodega corresponde al espacio destinado al almacenamiento de insumos y productos, donde se ubican estantes y equipos de refrigeración de respaldo.

Equipos

Cabe resaltar que la ficha técnica se realizó con los datos de Bogotá. Una vez realizado se distribuye a lo largo del país y cada punto lo modifica dependiendo del estado de su punto de venta y equipos. Revisar ficha técnica en anexos como “[Ficha Técnica Equipos](#)”

Congelador panorámico

El congelador panorámico es un equipo no Frost crítico, encargado de almacenar y exhibir productos congelados manteniendo la cadena de frío.

Está compuesto por:

- Compresor
- Condensador con moto ventiladores
- Termostato
- Tanque de líquido
- Válvula de expansión y evaporador

Opera en un rango de temperatura entre -18°C y -16°C durante el horario de 8 am a 9 pm. No cuenta con UPS y es trifásico a 220 V.

Congeladores de apoyo (verticales y horizontales)

Son equipos destinados al almacenamiento de producto en bodega. Al no ser no-frost operan 24 horas al día y requieren descongelación manual.

Nevera de litros

Equipo utilizado para exhibición de productos empacados como helados, tortas y paletas. Opera 24 horas y funciona a 110 V.

Está compuesto por:

- Compresor
- Condensador con moto ventiladores
- Termostato
- Tanque de líquido
- Válvula de expansión y evaporador

Nevera True

Equipo utilizado para la conservación de toppings en contacto directo con alimentos. Opera durante la jornada comercial (8 am – 5 pm).

Está compuesto por:

- Compresor
- Condensador con moto ventiladores
- Termostato
- Tanque de líquido
- Válvula de expansión y evaporador

Otros equipos

Se incluyen el mantenedor de galletas, el horno de pastelería y la licuadora Vitamix, los cuales operan durante el horario comercial.

Hallazgos operacionales

Durante el análisis se identificaron varios problemas asociados al uso y operación de los equipos. Se evidenció que los operarios, en algunos casos, no utilizan correctamente los equipos debido a falta de capacitación. Por ejemplo, cuando aumenta la temperatura en los congeladores panorámicos, se apagan en lugar de regularse mediante el termostato, lo que afecta su funcionamiento.

También se identificó que algunos equipos no están siendo utilizados de acuerdo con su diseño. En varios puntos de venta, los congeladores panorámicos están operando 24 horas como equipos de almacenamiento, lo cual genera desgaste prematuro en componentes como el compresor y los motor ventiladores, además de riesgos eléctricos.

En centros comerciales se presentan problemas adicionales relacionados con la capacidad eléctrica instalada, generando caídas de tensión que afectan el funcionamiento de los equipos.

Otro hallazgo importante es que, ante una falla en equipos de almacenamiento que operan 24 horas, existe un alto riesgo de pérdida de producto, especialmente en horarios nocturnos.

Una vez se identifican los equipos y comprenden en qué condiciones trabajan, se procede a realizar su ficha técnica. Inicialmente se esperaba que la administradora del local contara con las fichas técnicas o que estuviera en una base de datos en el software de la empresa.

Sin embargo; al cabo de realizar la entrevista y revisar el software la empresa no contaba con ficha técnica u hoja de vida de los equipos, por lo que la creación de esta fue a partir de datos tomados en la entrevista junto con un estudio de cada máquina que desarrolló una nueva ficha técnica global de todos los equipos que están presentes en la empresa contando con:

Identificación del equipo

- Código interno/activo
- Nombre del equipo
- Marca/modelo
- Número de serie
- Punto de venta
- Área de trabajo
- Proveedor/fabricante

Estado actual

- Condición actual
- Estado físico/eléctrico general
- Observaciones o hallazgos

Características técnicas

- Capacidad (cubetas-pies)
- Temperatura de trabajo (°C)
- Voltaje/ Tipo de corriente
- Consumo energético (kWh)
- Tipo de refrigerante
- Dimensiones (m) / Peso (kg)

- Componentes o accesorios relevantes

5. MATRIZ DE CRITICIDAD

5.1. Composición de la matriz utilizada.

La matriz de criticidad desarrollada se compone de dos dimensiones principales:

- A. Frecuencia de ocurrencia de fallas.
- B. Nivel de criticidad del equipo, determinado a partir de varios criterios técnicos.

A. Frecuencia de Falla (F)

La frecuencia representa qué tan seguido se presentan fallas en un equipo, de acuerdo con la información histórica y la experiencia operativa. Para este proyecto se definieron los siguientes niveles:

- 5: 1 vez a la semana
- 4: 1 vez al mes
- 3: 1 vez cada 4 meses
- 2: 1 vez cada 6 meses
- 1: Despreciable

Este criterio permite incorporar el comportamiento real de los equipos dentro de la evaluación de criticidad.

B. Criterios de evaluación de la criticidad

El nivel de criticidad de cada equipo se determinó a partir de la evaluación de cinco criterios, cada uno calificado en una escala ordinal y ponderado de acuerdo con su importancia relativa en la operación.

Los criterios evaluados fueron:

- **Q – Calidad del producto:** impacto de una falla en la calidad del producto final.
- **O – Operación:** impacto de la falla en la continuidad del servicio y la operación del punto de venta.
- **S – Seguridad y ambiente:** riesgos para el personal, los clientes o el entorno.
- **P – Pérdidas / confiabilidad:** relación entre fallas, pérdidas económicas y confiabilidad del equipo.
- **M – Mantenibilidad:** facilidad y tiempo requerido para reparar el equipo.

Cada criterio fue evaluado en una escala de **1 a 4**, donde valores más altos representan un mayor impacto o riesgo. (Revisar en [Anexos Matriz_de_Criticidad.xlsx](#))

5.2. Cálculo de la criticidad

La criticidad de cada equipo no se calcula mediante una suma simple de los criterios evaluados, sino a través de un modelo ponderado que considera la importancia relativa de cada criterio.

Para ello, a cada criterio (calidad, operación, seguridad, pérdidas y mantenibilidad) se le asignó un peso porcentual, definido con base en la experiencia del personal técnico y la relevancia del impacto en la operación, reflejados estos porcentajes a continuación en la tabla

CRITERIOS EVALUADOS

CRITERIO	PESO (%)	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA
Q – Calidad del producto	30%	La pérdida de producto implica costos altos y afecta la reputación del PDV.
O – Condiciones de operación	25%	El servicio depende totalmente del estado de equipos clave.
S – Seguridad y medio ambiente	15%	Los PDV manejan refrigerantes y equipos eléctricos; el riesgo existe, pero es menos frecuente que los impactos en operación y producto.
P – Índice de pérdidas / Confiabilidad	15%	Equipos con fallas recurrentes generan costos, visitas técnicas y pérdida de disponibilidad.
M – Mantenibilidad	15%	Importa, pero la mayoría de los equipos de PDV son de fácil o mediana intervención.

Tabla 7. Criterios Evaluados. Elaboración Propia

El valor de criticidad ponderada se obtuvo mediante la suma del producto entre la calificación de cada criterio y su peso correspondiente. Posteriormente, este valor fue multiplicado por la frecuencia de falla del equipo, obteniendo así la criticidad total.

$$Criticidad = ((Q \cdot 0.3) + (O \cdot 0.25) + (S \cdot 0.15) + (P \cdot 0.15) + (M \cdot 0.15)) \cdot F$$

Ecuación 3. Cálculo de Criticidad. Elaboración por coordinador de trabajo

Este enfoque permite reflejar de manera más precisa el riesgo real asociado a cada activo, priorizando aquellos equipos cuya falla representa un mayor impacto para la operación, la seguridad y la calidad del producto.

5.3. Clasificación de los niveles de criticidad.

Con base en el valor final obtenido, los equipos fueron clasificados en tres niveles:

- Criticidad Alta
- Criticidad Media
- Criticidad Baja

La clasificación se apoya en la matriz de colores definida (Imagen 1), donde se cruzan los valores de frecuencia con el nivel de criticidad, facilitando la interpretación visual y la toma de decisiones.

MATRIZ DE COLORES

FRECUENCIA	1 VEZ A LA SEMANA	5	5	10	15	20	25
	1 VEZ AL MES	4	4	8	12	16	20
	1 VEZ CADA 4 MESES	3	3	6	9	12	15
	1 VEZ CADA 6 MESES	2	2	4	6	8	10
	DESPRECIABLE	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5	
		DESPRECIABLE	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	
		NIVEL DE CRITICIDAD					

Tabla 8. Matriz de Colores – Elaboración Propia

Una vez definidos los criterios y sus niveles de criticidad, se procede a construir la matriz para cada uno de los equipos que componen los puntos de venta. Para el congelador panorámico, se revisa el histórico de fallas en el CMMS, evidenciando una frecuencia de falla de una vez al mes, lo que corresponde a una calificación de:

- F = 4 puntos, debido a que presenta fallas mensuales según el histórico registrado.

Posteriormente, se evalúan los demás criterios definidos para este equipo:

- Q = 3 puntos, ya que la temperatura puede estar en -14 °C o menos, generando producto parcialmente derretido. El equipo puede permanecer fuera de servicio entre 1 y 3 días, afectando la calidad del producto.
- O = 4 puntos, considerando que este equipo es el más importante para la operación del PDV. Su falla detiene completamente el funcionamiento del punto de venta, ya que no se puede vender producto, pudiendo quedar fuera de servicio por más de un día.
- S = 3 puntos, debido a que la falla puede generar cortaduras leves, quemaduras superficiales, golpes o exposición a refrigerante, con incapacidades estimadas entre 1 y 3 días.
- P = 3 puntos, dado que el equipo falla frecuentemente según el histórico del CMMS y requiere intervención mensual.
- M = 3 puntos, ya que la reparación requiere repuestos específicos y proveedores externos, dejando el PDV fuera de operación entre 2 y 3 días.

Una vez realizadas estas evaluaciones, se aplica la ecuación de criticidad (Ecuación 1) total obteniendo como resultado:

Criticidad = 13 puntos

De acuerdo con los niveles establecidos, este resultado clasifica al congelador panorámico como un equipo de criticidad alta, lo cual es coherente con la operación del punto de venta, ya que se trata del equipo principal para almacenar y exhibir el producto más importante de la compañía. Con esta misma metodología se continuará la evaluación de los demás equipos que componen los demás puntos de venta.

5.4. Análisis de resultados de la matriz de criticidad.

Los resultados obtenidos en la matriz de criticidad (Imagen 2) evidencian que equipos como los congeladores panorámicos, vertical, de litros y la nevera TRUE presentan criticidad alta, debido a su alta frecuencia de falla y al impacto directo que tienen sobre la cadena de frío, la calidad del producto y la continuidad del servicio.

Por su parte, equipos como el mantenedor de galletas, horno de pastelería y licuadora Vitamix fueron clasificados con criticidad media, lo que indica que, aunque su impacto no es tan severo como los equipos críticos, sí requieren una gestión estructurada del mantenimiento.

Finalmente, los equipos con criticidad baja presentan un impacto reducido en la operación y, por tanto, no requieren un análisis exhaustivo de modos de falla.

Tabla 5. MATRIZ DE CRITICIDAD

EQUIPO	FRECUENCIA	Q	O	S	P	M	CRITICIDAD	NIVEL
CONG. PANORAMICO	4	3	4	3	3	3	13	Criticidad Alta
CONG. VERTICAL	4	2	3	2	3	2	10	Criticidad Alta
CONG. LITROS	4	2	3	2	3	2	10	Criticidad Alta
NEVERA TRUE	4	1	2	2	4	2	8	Criticidad Alta
CONG. HORIZONTAL	2	2	2	2	1	4	4	Criticidad Baja
MALTEADORA	2	1	2	1	1	1	3	Criticidad Baja
MAQUINA DE CAFÉ	2	1	3	2	1	2	4	Criticidad Baja
MAQUINA DE FILTRADO	2	2	3	1	1	3	4	Criticidad Baja
GRANIZADORA	2	2	2	1	1	2	3	Criticidad Baja
HIELERA	2	2	2	1	1	2	3	Criticidad Baja
CONG. APOYO	3	2	3	1	2	2	6	Criticidad Media
MANTENEDOR DE GALLETAS	4	2	1	1	3	1	6	Criticidad Media
HORNO DE PASTELERÍA	4	1	2	2	3	2	7	Criticidad Media
MOTOR VITAMIX	4	1	2	1	3	2	7	Criticidad Media

Tabla 9. Matriz de Criticidad – Elaboración Propia

Con base en los resultados de la matriz de criticidad, se definió que el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) se aplicará exclusivamente a los equipos clasificados con criticidad media y alta.

Esta decisión se fundamenta en la necesidad de optimizar recursos, evitar análisis innecesarios y enfocar los esfuerzos de mantenimiento en los activos que realmente representan un riesgo para la operación, la calidad del producto y la confiabilidad del sistema.

6. ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

En el contexto empresarial, es evidente la necesidad de realizar mantenimiento a los equipos de refrigeración, dado que estos pueden fallar por múltiples causas asociadas a su operación continua en los puntos de venta. Sin embargo, cuando se analiza un conjunto de equipos o un sistema completo dentro de la operación, se identifica que las fallas no responden a una única causa, sino a una gran variedad de factores que pueden afectar su desempeño.

En este sentido, abordar las fallas únicamente después de que ocurren no resulta ser una estrategia adecuada, ya que compromete tanto la vida útil de los equipos como la inversión realizada en estos. Por el contrario, se hace necesario adoptar un enfoque preventivo que permita anticiparse a los posibles eventos de falla, o en su defecto, establecer criterios claros para su manejo en caso de que se presenten.

Se presenta el congelador panorámico marca ISA aplicado al enfoque del AMEF:

Función	Código	Descripción de la función	Item de falla funcional	Código de falla funcional	Descripción de la falla funcional	MODOS DE FALLA				
						Item del modo de falla	Código del modo de falla	Descripción del modo de falla	CAUSA	EFEECTO
Primaria	0	Mantener los productos congelados a la temperatura requerida (-18 a -22°C), asegurando su conservación y correcta exhibición para la venta.	A	0-A	Incapacidad del congelador para mantener las condiciones de temperatura requeridas para la conservación del producto.	1	0-A-1	Temperatura interna del equipo fuera del rango de operación establecido (superior a -18 °C).	Funcionamiento deficiente del sistema de refrigeración debido a bajo nivel de refrigerante o falla del compresor.	Los helados se ablandan, pierden su forma y presentación en vitrina, afectando su calidad y reduciendo su aptitud para la venta.
Secundaria	1	E S T R U C T U R A L Soportar el peso de los productos sin deformarse.	A	1-A	No soporta adecuadamente la carga de producto.	1	1-A-1	Estantes doblados o base húmeda	Sobrecarga de producto por encima del límite de diseño	Daño al producto almacenado y riesgo de colapso interno
Secundaria	1	C U R A L Soportar la manipulación constante en el punto de venta, incluyendo apertura y cierre frecuente de la puerta encontrada en la parte frontal del equipo o de la cortina, carga y retiro de cubetas, desplazamientos del equipo durante limpieza e inspección y actividades de mantenimiento, sin generar daños en su estructura.	B	1-B	Presenta deformaciones o deterioro del gabinete.	2	1-B-2	Marco o paredes torcidas que afectan el cierre	Golpes o mala instalación	Se pierde el frío, entra calor al equipo, la temperatura sube, el compresor trabaja más tiempo y el producto se empieza a dañar.

Imagen 2. AMEF-Congelador Panorámico - Elaboración Propia

De la imagen 4, se aprecia un pequeño fragmento de los 8 equipos analizados de la empresa, todo descrito por los autores de los libros RCM II de Jhon Moubray, Mantenimiento Planeación, ejecución y control de Luis Alberto Mora en el marco teórico y de los propios conocimientos del coordinador del trabajo de grado Demys Gerardo Rugelis, indicando con ítems o códigos como herramienta que facilita la gestión de mantenimiento que luego serán estandarizadas en el CMMS de la compañía. Cada equipo de la compañía fue descrito de forma completa siguiendo la metodología enseñada en la imagen anterior (Revisar en anexos_ [ANALISIS_AMEF](#)).

1. Se inicia el diseño del Análisis de Modos de Falla con la función principal del congelador panorámico, el cual es mantener los productos exhibidos a una temperatura de (-18°C y -22°C), a esta descripción de la función se le asigna un código 0.
2. Seguido a ello se presenta la falla funcional, es decir la incapacidad de la función a realizar su trabajo, el cual se definió como Incapacidad del congelador para mantener las condiciones de temperatura requeridas para la conservación del producto. A dicha falla se le asigna el código de falla funcional (FF) 0-A, la A representa el ítem de esta falla funcional mientras que el código será usado para su identificación en la hoja de decisión.
3. El siguiente paso es la asignación del ítem de modo de falla (1) y código de modo de falla (0-A-1) (Descripción de la función-Falla funcional y Modo de Falla) junto con su debida explicación: El display del congelador panorámico muestra una temperatura fuera del rango establecido siendo superior a los -18°C.
4. Una vez se cuenta con como falló la función se procede a hacer una búsqueda de causa raíz, que acordé al SAMM y a la entrevista realizada al Técnico Enrique Beltrán y coordinador Alejandro Delgadillo, la principal razón es debido a

Funcionamiento deficiente del sistema de refrigeración debido a bajo nivel de refrigerante o falla del compresor. Cabe recalcar que la desestabilización de la temperatura tiene muchas otras causas que tanto los técnicos como coordinadores ya cuentan con la formación para afrontarlas desde la asignación de solicitud en SAMM hasta su debida corrección en el equipo con las herramientas según sea el caso. Pero para este ejemplo en particular, se tomó la causa raíz más frecuente.

5. Por último, se detallan los efectos que se pueden presentar si se permite que suceda dicha falla: Los helados se ablandan, pierden su forma y presentación en vitrina, afectando su calidad y reduciendo su aptitud para la venta.

Así se concluye el modo de falla 0-A-1 que posteriormente se realizará el cálculo de RPN, apartado explicado más adelante.

A continuación, se explica el mismo paso, pero esta vez enfocado a la función secundaria de ESTRUCTURA.

1. Para el desarrollo de esta función secundaria se contó con dos funciones que representen o definan el objetivo que tiene el equipo dentro del marco de estructura escrito en el marco teórico. Código 1 Para ambas funciones, pero ítem de falla funcional distinto para su correcta diferenciación siendo: Ítems de falla funcional A: Soportar el peso de los productos sin deformarse. ítem de Falla funcional B: Soportar la manipulación constante en el punto de venta, incluyendo apertura y cierre frecuente de la puerta encontrada en la parte frontal del equipo o de la cortina, carga y retiro de cubetas, desplazamientos del equipo durante limpieza e inspección y actividades de mantenimiento, sin generar daños en su estructura.
2. Código de falla funcional A: No soporta adecuadamente la carga de producto -
Código falla funcional B: Presenta deformaciones o deterioro del gabinete

3. Se asigna un ítem a cada modo de falla siendo 1 para el código de falla funcional A y 2 para el B
Código del modo de falla 1-A-1: Estantes doblados o base hundida, generalmente sucede cuando se excede la capacidad de carga del equipo o se distribuye el peso de manera inadecuada.
Código de modo de falla 1-B-2: Marco o paredes torcidas que afectan el cierre. Afectaciones que suceden generalmente cuando el Punto de venta se encuentra con mayor flujo de clientes y los operarios por estar concentrados en prestar un buen servicio no se fijan o no se dan cuenta de si golpean o cierran muy fuerte la puerta o corren un poco brusco los gabinetes.
4. Causas raíz- Modo de falla 1-A-1: Sobrecarga de producto por encima del límite de diseño.
Modo de falla 1-B-2: Golpes o mala instalación.
5. Efectos – Modo de falla 1-A-1: Daño al producto almacenado y riesgo de colapso interno.
Modo de falla 1-B-2: Se pierde el frío, entra calor al equipo, la temperatura sube, el compresor trabaja más tiempo y el producto se empieza a dañar.

Cabe recordar que este AMEF cuenta con 8 equipos cada uno con sus funciones primarias y 7 funciones secundarias que algunas de ellas también se ven de la siguiente manera: Soportar el peso de los productos sin deformarse, proteger al operario de descargas o quemaduras, evitar fugas de refrigerante, mantener el consumo energético del equipo cercano al valor estimado de **16,94 kWh** durante su operación (entre otras explicadas en el archivo de Excel). Si al realizar en la hoja de decisión de RCM que las tareas propuestas de mantenimiento preventivo son por ejemplo inspección y limpieza de las bandejas metálicas cada 3 meses o de reemplazo completo de los soportes anti vibratorios y de la tornillería de fijación, pero el

congelador panorámico se encuentra en -14°C se pierde por completo el producto para la venta y exhibición, ya que las heladerías se caracterizan por siempre prestar un servicio de helado entre cremoso y congelado, no completamente blando. Con ello se concluye que la si la función principal falla, afecta todo el producto o todo el objetivo de venta, mientras que si una función secundaria falla, falla es individualmente no colectivamente y no afecta el 100% de las ventas, ejemplo, otra de las funciones secundarias es proteger el helado frente a contaminantes externos, si el helado se contamina porque entró un mosquito o porque le cayó una gota de agua y u otro líquido o sólido está afectando la superficie del producto más no la cubeta de helado completa del equipo ni los demás sabores, en dicho caso si se tendría una afectación del cliente e imagen corporativa, sí, pero se podría solucionar con argumentos y sin inversiones en ese mismo momento removiendo la parte contaminada, mientras que si todo el congelador está blando no es algo que se puede resolver de forma inmediata o que salve la venta diaria de la empresa y requeriría una inversión para su reparación. Con esto no se está descartando el cuidado de los componentes del equipo, porque si se descuidan de igual manera podrían crear una falla potencial que afecte la falla principal como lo es la del compresor, que puede presentar ruido y en ese instante no ser una amenaza directa a la función principal pero si sigue operando esta falla se podría llegar a una descompresión del compresor porque no llega a la presión requerida de 12 PSI sen la presión de bajada lo que puede desencadenar después en una afectación a la temperatura aumentándola y por consiguiente las 12, 16 o 18 cubetas de helado (dependiendo el tamaño del congelador) pueden contener ya helados blandos que no sirvan para la venta de conos ni otros productos estandarizados.

Como conclusión este cuadro de análisis de modos de fallas es vital para la correcta creación de un cronograma de mantenimiento, ya que permite al ingeniero y al técnico a cargo discriminar y priorizar funciones y fallas potenciales que afecten tanto a la operación y por

encima de todo las ganancias de la empresa. De igual manera a este ejemplo se realizaron los demás [análisis de modos de falla y efectos](#) de los equipos seleccionados en el estudio.

6.1. Clasificación de criticidad del RPN

Teniendo en cuenta que el valor máximo de RPN obtenido en el presente análisis fue de 10,44, se establecen rangos de criticidad de forma proporcional, con el fin de facilitar la priorización de acciones de mantenimiento. (Anexos [ANALISIS AMEF](#))

En este sentido, se propone la siguiente clasificación:

- **Alta** **criticidad:** **RPN** $\geq$ **7,0**
Corresponde a fallas con mayor impacto y prioridad de intervención inmediata, ya que representan un riesgo significativo para la operación, los costos o la seguridad.
- **Criticidad** **media:** **3,5** $\leq$ **RPN** $<$ **7,0**
Incluye fallas que requieren seguimiento y planificación de acciones correctivas, pero que no comprometen de forma inmediata la operación.
- **Baja** **criticidad:** **RPN** $<$ **3,5**
Agrupa fallas de bajo impacto, las cuales pueden ser gestionadas mediante mantenimiento rutinario o acciones preventivas programadas.

Con base en la clasificación de criticidad definida a partir del Número de Prioridad de Riesgo (RPN), se establece un criterio de selección para el análisis y definición de actividades de mantenimiento preventivo.

En este sentido, solo se considerarán los modos de falla con criticidad media y alta, es decir, aquellos cuyo valor de RPN sea igual o superior a 3,5. Estos representan un mayor impacto sobre la operación, los costos, la seguridad y la confiabilidad del sistema, por lo que requieren la implementación de acciones específicas de intervención.

Por otro lado, los modos de falla clasificados con baja criticidad ($RPN < 3,5$) no serán incluidos en el análisis de decisión para la definición de actividades preventivas. Esto se debe a que su impacto es limitado y pueden ser gestionados mediante estrategias de mantenimiento rutinario, correctivo planificado o seguimiento básico, sin necesidad de intervenciones prioritarias.

Este enfoque permite optimizar el uso de recursos, concentrando los esfuerzos de mantenimiento en aquellos modos de falla que representan un mayor riesgo para el sistema.

CÁLCULO RPN-CONGELADOR VERTICAL

Calificación S						RPN			
F0	SF	MA	IC	OR	OC	S	O	D	Valor RPN
0	0	0	2	1	1	1	4	1	4

Tabla 10. Cálculo RPN-Congelador vertical. Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cálculo de RPN de la función principal del congelador vertical. Para su cálculo se usaron las siguientes tablas adoptadas del libro de Luis Alberto Mora:

FALLOS OCULTOS

No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores	0
Existe una baja posibilidad de que la falla	1
En condiciones normales la falla siempre será oculta y generará fallas múltiples posteriores	2
Existe una baja posibilidad de que la falla SI sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
La falla siempre será oculta y ocasionará fallas múltiples graves en el sistema	4

Tabla 11. Fallos Ocultos. Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

SEGURIDAD FÍSICA

No afecta a personas ni equipos	0
Afecta a una persona y es posible que genere incapacidad temporal	1
Afecta de dos a cinco personas y puede generar incapacidad temporal	2
Afecta a más de cinco personas y puede generar incapacidad temporal o permanente	3
Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más personas	4

Tabla 12. Seguridad Física Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

MEDIO AMBIENTE

No afecta el medio ambiente	0
Afecta el medio ambiente, pero se puede controlar. No daña el ecosistema	1
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de seis meses con un valor inferior a 5.000 dólares	2
Afecta la disponibilidad de recurso sociales y el Ecosistema. Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares	3
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el Ecosistema. Es reversible en más de tres años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares	4

Tabla 13. Medio Ambiente Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

IMAGEN CORPORATIVA

No es relevante	0
Afecta la credibilidad de clientes, pero se maneja con argumentos	1
Afecta la credibilidad de clientes, pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares.	2
Afecta la credibilidad de clientes, pero se maneja con argumentos e inversión entre 1.000 dólares y 10.000 dólares	3
Afecta la credibilidad de clientes, pero se maneja con argumentos e inversión mayor de 10.000 dólares. Puede ser irreversible	4

Tabla 14. Imagen corporativa Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

COSTOS DE REPARACIÓN

Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 500 dólares y 5.000 dólares	2
Entre 5.000 dólares y 50.000 dólares	3
Mayor a 50.000 dólares	4

Tabla 15. Costos de reparación Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

OCURRENCIA

Frecuente –1 falla en 1 mes	4
Ocasional-1 falla en 1 año	3
Remota-1 falla en 5 años	2
Remota-1 falla en 20 años	1

Tabla 16. Ocurrencia Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

DETECCIÓN

Nula – No se puede detectar una causa potencial / mecanismo y modo de falla subsecuente	4
Baja – Baja probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallas subsecuentes	3
Media – Mediana probabilidad para detectar causas potenciales / mecanismos y modos de fallas subsecuentes	2
Seguro – Siempre detectarán causas potenciales /mecanismos y modos de fallas subsecuentes	1

Tabla 17. Detección. Valores de criterios de severidad, ocurrencia y detección. Alberto Mora. G (2009) Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 364-366)

Código del ítem de modo de falla: 0-A-1 congelador Vertical.

- 0- Código de la función: Almacenamiento de cubetas de litros (-12-16 y 18 lt), operando en un rango de temperatura entre -18°C y -22° C sin afectar la conservación de los helados para su posterior traspaso al congelador panorámico.
- A código de falla funcional: No conserva los helados refrigerados en el rango de temperatura establecido y presenta poca higiene en su interior
- 1 código de modo de falla: El display TC-900 enseña una temperatura fuera de rango, mayor a -18 °C exhibiendo helados blandos.

Se procede a calificar el ítem de modo de falla:

- Fallos ocultos: Se califica como 0 dado a que el display es un componente que siempre está a la vista del operario, por lo que, si falla, será evidenciado rápidamente y no generará otros fallos.
- Seguridad Física: 0. No afecta personas, pero si puede afectar el equipo dependiendo de cuánto tiempo ha transcurrido desde que se presentó la falla. Se calificó como 0 porque dentro los valores establecidos por el autor no hay una que esté relacionada con específicamente con el equipo, sino más bien con el personal de trabajo.
- Medio Ambiente:0. Para este modo de falla concretamente no afecta el medio ambiente ya que su causa raíz es acumulación de escarcha en el condensador impidiendo la transferencia de calor al ambiente. Según este modo de falla no se está infringiendo ninguna normativa ambiental que atente contra el agua, el aire ni presenta contaminación acústica. Sin embargo; si toma en cuenta este modo de falla de contaminación al medio ambiente en otro ítem de modo de falla que se encuentra en el Excel ([ANALISIS_AMEF](#))

- **Imagen Corporativa:** 2. Es un modo de falla que se puede resolver con argumentos explicando que componentes falló, pero de igual manera requiere de una inversión para corregir dicha falla, bien sea el cambio de una componente como lo puede ser el evaporador, condensador o el compresor que es el más caro con un valor de 1'500.000 COP y que juntando TODOS los arreglos y cambios del equipo no superan los 1000 USD.
- **Costos de Reparación:** 1. El componente más caro que tiene el congelador vertical es el compresor, y cambiarlo vale 1'500.000 COP lo equivalente a 400 USD. De la misma manera, dentro de la sábana de datos de la empresa no se ha reportado que todos los componentes del congelador panorámico fallen al mismo tiempo por lo que su reparación no ha sido tan costosa como para superar los 500 USD.
- **Efectos en Clientes:** 1. Se revisó el promedio diario del punto de venta Bogotá 86, siendo de 3'926.754 COP de ingresos al día. Si al fallar el congelador vertical este sería el máximo tope de ingresos que pierde la empresa en un día un equivalente entre 500 y 5000 USD.

Se realiza el cálculo de severidad aplicando la fórmula de la imagen 4 sustituyendo las variables.

$$(0 * 0,05) + (0 * 0,02) + (0 * 0,1) + (2 * 0,3) + (1 * 0,3) + (2 * 0,05) = 1$$

Ecuación 4. Cálculo Severidad

- **Ocurrencia:** 4. Según los registros en el CMMS de la empresa es la falla que más se registra en un mes.
- **Detección:** 1. Al igual que los fallos ocultos esta falla siempre será evidenciada lo más pronto posible, bien sea porque el display muestra una temperatura superior a

o inferior a la establecida o porque a la hora de trasladar las cubetas al congelador panorámico estos se encuentran ya blandos.

Una vez se tienen los 3 datos de Severidad, Ocurrencia y Detección se hace a multiplicación de estos para obtener el RPN.

$$RPN = 1 \cdot 4 \cdot 1 = 4$$

Ecuación 5. Cálculo RPN

Según el criterio establecido este dato se encuentra en criticidad media por lo que debe realizarse actividades de mantenimiento preventivo.

Este cálculo fue realizado con cada modo de falla y fue seleccionado para la hoja de decisión acorde al criterio establecido (igual o mayor a 3.5). Teniendo como resultado un total de 52 modos de fallas a tratar en la hoja de decisión del RCM.

7. HOJA DE DECISIÓN RCM

En el presente capítulo se desarrolla la hoja de decisión aplicada a los equipos de refrigeración y de procesamiento térmico de pastelerías. A partir del cálculo del RPN de los modos de falla previamente identificados, se evaluó cada uno mediante el árbol de decisión del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

El análisis se enfocó en determinar si cada modo de falla debía ser tratado mediante tareas a condición, reacondicionamiento o sustitución cíclicos, dependiendo de su severidad, seguridad del personal, del medio ambiente, en la capacidad operacional y también en el que costo-eficaz que supone dicha reparación, inspección o sustitución. En otras palabras, se tomó como criterio que tan costoso saldría una actividad preventiva, un retrabajo o arreglo de componentes, un cambio definitivo de estos mismos, o por el contrario permitir que ocurra la falla por algún motivo. Esto se realizó con el siguiente árbol de decisión

ARBOL DE DECISIÓN

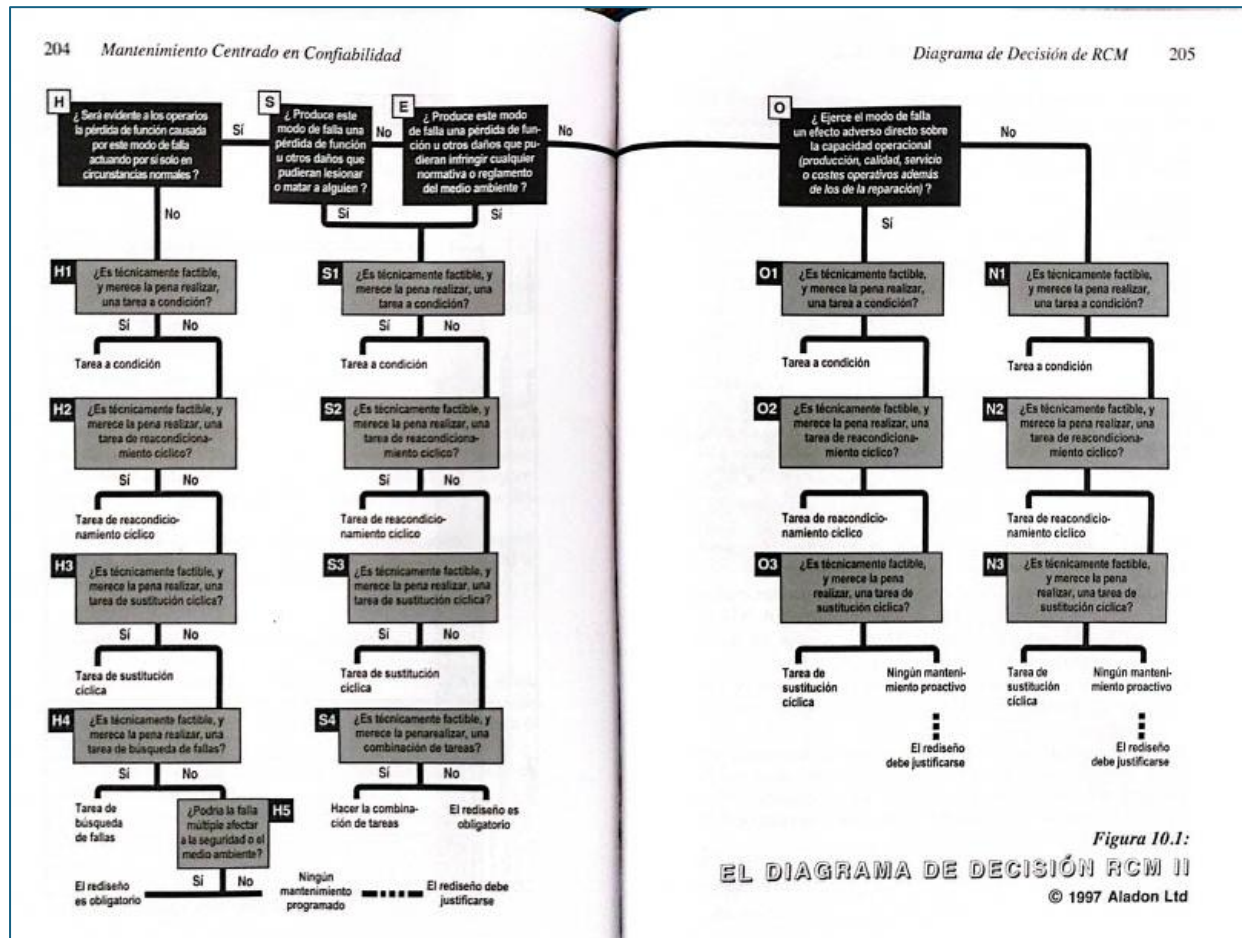


Imagen 3. Reliability-Centered Maintenance RCM II. Jhon Moubray (pp 204-205)

Hoja de Decisión Congeladora de Litros

REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				TAREAS PROACTIVAS			ACCION A FALTA DE		
F (Función)	FF (Fallo Funcional)	FM (Modo de Falla)	H ¿Es evidente la pérdida de la función?	S ¿Atenta contra la seguridad y vida de alguien?	E ¿Afecta alguna normativa ambiental?	O ¿Afecta la capacidad operacional?	H1 S1 O1 N2	H2 S2 O2 N3	H3 S3 O3 N4	H4 ¿Merece la pena realizar una tarea de búsqueda de fallas?	H5 ¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?	S4 ¿Merece la pena hacer una combinación de tareas?
0	A	1	N				N	S				
2	A	1	N				S					
2	B	2	S	S			N	N	S			
3	A	1	S	N	N	S	N	S				
4	A	1	N				N	S				
4	B	2	N				N	S				
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S			
5	B	2	S	N	N	S	N	N	S			
6	B	2	S	N	N	S	S					

Tabla 18. Hoja de decisión - mantenimiento preventivo

La imagen 2 muestra el árbol de decisión de RCM II, en el encabezado se encuentra las primeras preguntas que empiezan a filtrar como debe ser tratado cada modo falla, bien sean preguntas de facilidad de observación (H), seguridad de las personas (S), seguridad del medio ambiente (E) y por último capacidad operacional (O). Cada una se divide en cierta cantidad de ramas que dan como respuesta a tareas a condición, de reacondicionamiento cíclico o sustitución.

En la tabla 14 se muestra la [HOJA DE DESCIÓN](#) para la congeladora de litros, esta cuenta en la parte superior con referencia de información donde se encuentra el código de modo de falla antes explicado en el AMEF, describiendo la función, falla funcional y modo de falla.

Evaluación de tareas: En las columnas H, S, E, O son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de fallo- respuestas de SI o NO.

Las tres columnas siguientes (tituladas H1, H2, H3, etc.) registran si ha sido seleccionado una tarea proactiva, y si es así, que tipo de tarea bien sea a condición, reacondicionamiento o sustitución.

La siguiente columna registra la tarea seleccionada junto con sus actividades requeridas, con la intervención del técnico y la periodicidad asignada.

Aplicado a la nevera de litros.

Referencia de información: 4-A-1.

- Función: Evitar fugas de refrigerante al entorno.
- Fallo Funcional: Fugas de refrigerante
- Modo de falla: Presencia de aceite u otro líquido, pérdida de presión en las tuberías del circuito de refrigeración, tubería con presencia de fugas.

Evaluación de consecuencias

H ¿Será evidente a los operarios la pérdida de función causada por este modo de falla actuando por sí solo en circunstancias normales? La respuesta es NO, no es evidente para un operario saber a simple vista cuando se presenta una fuga de refrigerante dado a que es una falla que se da dentro del equipo y no muestra señales o síntomas externas hasta cuando ya es muy tarde. Es hasta cuando llega el técnico quien evidencia la fuga de refrigerante.

Como la respuesta es no, se sigue el flujo enseñado en el árbol de decisión de la imagen 5, respondiendo la primera pregunta H1 ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar una tarea a condición? La respuesta es NO, no es factible solo ir e inspeccionar que sucedió,

Se prosigue a la siguiente pregunta H2 ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar, una tarea de reacondicionamiento cíclico? La respuesta es SI y se prosigue a asignar la tarea propuesta.

Tarea Propuesta: Realizar el resoldado de tuberías del sistema, ajuste de uniones y conexiones, verificación de la hermeticidad del circuito mediante pruebas de presión y vacío, y posterior recarga de refrigerante

La selección de una tarea de reacondicionamiento cíclico, en lugar de una tarea basada en condición, se debe a que este tipo de intervención no se limita únicamente a la inspección del equipo en operación, sino que requiere la intervención directa sobre el sistema de refrigeración. Las tareas a condición suelen ejecutarse con el equipo en funcionamiento y se enfocan principalmente en la detección de fallas mediante monitoreo; sin embargo, en este caso es necesario realizar actividades correctivas programadas como el resoldado, ajuste y recarga del sistema, las cuales implican desmontaje parcial e intervención técnica.

Para la ejecución de esta actividad, el técnico debe contar con herramientas previamente definidas como el manifold de presiones, detector de fugas, bomba de vacío, mangueras de servicio y herramientas manuales básicas (llaves, alicates y destornilladores). Adicionalmente, se requiere equipo de soldadura para el resoldado de tuberías, así como el uso de elementos de protección personal como guantes, gafas de seguridad y botas, con el fin de garantizar una intervención segura durante el mantenimiento.

Para finalizar este objetivo, después de asignar la tarea correspondiente en la orden de mantenimiento, se debe definir el responsable de ejecutar la actividad y la periodicidad de ejecución, ya sea con el personal técnico propio de la compañía o un proveedor externo especializado que pueda dar solución a la intervención requerida. Las actividades que involucren el reemplazo de componentes específicos de los equipos serán ejecutadas por

proveedores externos, debido a que muchos de estos elementos deben ser fabricados o adquiridos de manera especializada. Un ejemplo de ello es el cambio de sellos y empaques en equipos congeladores, actividad que se realizará con una periodicidad semestral con el fin de garantizar una adecuada hermeticidad y asegurar la correcta conservación de la cadena de frío, evitando pérdidas de temperatura. Esta periodicidad se establece tomando como referencia las recomendaciones generales de fabricantes para componentes sometidos a desgaste térmico continuo, además de requerir intervención especializada por parte del proveedor.

Por otro lado, las actividades ejecutadas por el personal técnico propio de la compañía tendrán una periodicidad trimestral en cada punto de venta. Esta frecuencia se definió considerando las condiciones operativas del distrito Bogotá, donde existe un mayor volumen de ventas, alta rotación de equipos y condiciones ambientales que favorecen la acumulación de polvo, grasa y suciedad sobre los sistemas. Asimismo, la cantidad de equipos instalados en cada punto de venta incrementa la necesidad de realizar mantenimientos más frecuentes para conservar condiciones adecuadas de operación. Adicionalmente, esta periodicidad se encuentra alineada con recomendaciones generales de fabricantes para equipos sometidos a operación continua en ambientes comerciales de alta demanda.

Finalmente, en el anexo “[Hoja de Decisión](#)” se encuentran registradas todas las actividades de mantenimiento preventivo definidas para los equipos analizados, junto con su respectiva periodicidad de ejecución y el tipo de tarea asignada según la metodología RCM aplicada.

Cronograma anual de mantenimiento preventivo

Como parte de la propuesta de mantenimiento preventivo se diseñó un cronograma anual de actividades ([CRONOGRAMA ANEXOS](#)) que permite planificar, organizar y controlar la ejecución de las tareas definidas mediante la metodología RCM. Este cronograma fue elaborado considerando los trece puntos de venta que conforman el distrito Bogotá Norte, la disponibilidad del personal técnico y las frecuencias de intervención establecidas para cada equipo.

El cronograma incluye la identificación de cada punto de venta, su ubicación, el responsable comercial asignado, el técnico encargado de ejecutar las actividades, el número de visitas programadas y el estado de ejecución de las mismas. Adicionalmente, la programación se distribuyó por semanas del año, permitiendo visualizar de manera anticipada las fechas en las que deben realizarse las intervenciones preventivas.

SUCURSAL	DIRECCIÓN	Gte dto o Comercial	Tecnico	V. realizadas	V. a realizar	Dif.	Estatus visita
BOGOTÁ 1 (AV 68)	AVENIDA 68 No. 66 C- 90	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	LUIS MALAGON		4	4	Agendado
BOGOTÁ 17 (CC ISERRA 100)	CC ISERRA 100 CARRERA 38 No. 97 -76 PISO 3 LOCAL 3-22	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	LUIS MALAGON		4	4	Agendado
BOGOTÁ 36 (HOMECENTER CALLE 80)	AVENIDA 68 No. 80 - 77 LOCAL 21 HOMECENTER CALLE 80	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	LUIS MALAGON		4	4	Agendado
BOGOTÁ 45 (CC CAFAM FLORESTA)	CC CAFAM FLORESTA CARRERA 68 No. 96 - 50 PRIMER PISO ENTRADA ÉXITO	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	LUIS MALAGON		4	4	Agendado
BOGOTÁ 51 (CC TITAN PLAZA)	AVENIDA CARRERA 72 N° 80 - 94 LOCAL 305	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	MILLER GOMEZ		4	4	Agendado
BOGOTÁ 6 (CALLE 116)	AVENIDA 19 No. 116-67	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	MILLER GOMEZ		4	4	Agendado
BOGOTÁ 63 (CC UNICENTRO)	CC UNICENTRO AVENIDA 15 No. 124-30	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	MILLER GOMEZ		4	4	Agendado
BOGOTÁ 66 (CC PARQUE LA COLINA)	CC PARQUE LA COLINA CARRERA 58 D No. 146-51 CF-03 PRIMER NIVEL	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	MILLER GOMEZ		4	4	Agendado
BOGOTÁ 67 (CC SANTA FE 2)	CC SANTA FE CALLE 185 No. 45-03 COSTADO OCCIDENTAL AUT NORTE ISLA C2512	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	ENRIQUE BELTRAN		4	4	Agendado
BOGOTÁ 83 (NUESTRO BOGOTÁ 1)	CC NUESTRO BOGOTÁ AVENIDA CARRERA 86 No. 75 A-66 LOCAL 3-110	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	ENRIQUE BELTRAN		4	4	Agendado
BOGOTÁ 84 (CALLE 82 ANDINO)	EDIFICIO TORRE AVENIDA 82 CARRERA 12 No. 84A-12 LOCAL 1	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	ENRIQUE BELTRAN		4	4	Agendado
BOGOTÁ 86 (CALLE 109)	CALLE 109 No. 16-11 LOCAL 1	GUERRERO LEE RUBY ANDREA	ENRIQUE BELTRAN		4	4	Agendado

Imagen 4. Cronograma MTTTO Preventivo. Elaboración Propia

Con el fin de facilitar la gestión de las actividades, se diferenciaron las intervenciones trimestrales y semestrales mediante una codificación visual. Las actividades trimestrales corresponden a inspecciones, verificaciones operativas, ajustes, limpiezas y reacondicionamientos menores orientados a prevenir la aparición de fallas funcionales. Por su parte, las actividades semestrales corresponden principalmente a sustituciones

programadas de componentes, reemplazo de elementos sometidos a desgaste y labores especializadas que requieren la participación de proveedores externos.

ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE														
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53							
LM												LM													LM														LM																			
	LM												LM													LM														LM																		
		LM												LM														LM																														
			LM												LM														LM																													
AE												AE														AE														AE																		
	AE												AE														AE														AE																	
		AE												AE														AE														AE																
			AE												AE															AE													AE															
EB													EB													EB															EB																	
	EB													EB													EB																															
		EB													EB													EB																														
			EB													EB														EB																												
																															EB																											
																																EB																										
																																	EB																									
																																		EB																								
																																			EB																							
																																				EB																						
																																					EB																					
																																						EB																				
																																							EB																			
																																								EB																		
																																									EB																	
																																										EB																
																																											EB															
																																												EB														
																																													EB													

Imagen 5. Cronograma MTTO Preventivo. Elaboración propia

Actividades de mantenimiento preventivo

Las actividades de mantenimiento preventivo fueron definidas a partir de los resultados obtenidos en la matriz de criticidad, el análisis AMEF y la hoja de decisión RCM. Para cada equipo se establecieron tareas orientadas a prevenir los modos de falla identificados, asignando una frecuencia de intervención y un responsable de ejecución. ([CRONOGRAMA ANEXOS](#)).

	TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
PANORAMICO	Realizar la limpieza del condensador y ventiladores, eliminación de escarcha	Trimestral	Tecnico
	Verificar el estado del cableado eléctrico mediante inspección directa, identificación	Trimestral	Tecnico
	Realizar el reemplazo programado de cubiertas, tapas protectoras, canaletas	Semestral	Proveedor
	Realizar el reacondicionamiento del sistema de soporte del compresor, medidor	Semestral	Proveedor
	Realizar el resoldado de las tuberías y el ajuste de uniones y conexiones, sellado	Trimestral	Tecnico
	Realizar la limpieza y eliminación de corrosión en superficies metálicas, tratamiento	Trimestral	Tecnico
	Realizar la sustitución completa de los sellos de la puerta del equipo, media	Semestral	Proveedor

Imagen 6. Cronograma. Actividades de MTTO. Elaboración propia

Las actividades con periodicidad trimestral corresponden principalmente a inspecciones, verificaciones, limpiezas, ajustes y reacondicionamientos menores que permiten detectar condiciones anormales antes de que se conviertan en fallas funcionales. Por su naturaleza, estas tareas pueden ser ejecutadas por el personal técnico de mantenimiento de la organización.

Por otra parte, las actividades semestrales corresponden a sustituciones programadas, reemplazo de componentes y labores especializadas que requieren recursos, herramientas o conocimientos específicos, razón por la cual fueron asignadas a proveedores especializados. Esta clasificación permite optimizar los recursos disponibles y asegurar la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo.

Seguimiento semanal de condición operativa

Con el propósito de complementar el plan de mantenimiento preventivo propuesto y fortalecer el control operacional de los equipos críticos, se diseñó una herramienta de seguimiento semanal basada en el monitoreo de las variables de operación más importantes para cada activo. ([CRONOGRAMA ANEXOS](#)) Esta herramienta permite verificar de manera periódica el comportamiento de los equipos y detectar oportunamente desviaciones que puedan indicar el inicio de una falla potencial.

La plantilla fue desarrollada para los equipos de refrigeración y conservación priorizados durante el análisis de criticidad, incluyendo congeladores panorámicos, congeladores verticales, congeladores de apoyo, congeladores de litros, neveras tipo True y mantenedores de producto. Para cada equipo se establecieron rangos de temperatura de operación considerados aceptables para garantizar la correcta conservación del producto y el adecuado funcionamiento del sistema.

El procedimiento de seguimiento consiste en que el personal operativo del punto de venta realice una verificación semanal de las condiciones de funcionamiento del equipo. Inicialmente se pone en operación el activo y se espera hasta que alcance su temperatura normal de trabajo. Posteriormente, utilizando un termómetro externo, se realiza una medición directa de la temperatura interna del equipo y se compara con la lectura mostrada por el indicador digital o controlador instalado en el activo.

EQUIPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Congelador Panorámico (-18 °C-22°C)	-24	-20	-23	-18	-15	-24	-24	-23	-21	-18	-20	-20	-18	-17	-21	-15	-17	-16	-15	-20	-21	-23	-17	-17	-24	
	-20	-22	-23	-18	-16	-22	-19	-15	-16	-18	-15	-18	-22	-15	-22	-20	-22	-23	-21	-20	-18	-18	-17	-24	-23	
	-19	-17	-21	-19	-21	-21	-16	-21	-16	-20	-17	-22	-24	-16	-18	-24	-24	-18	-17	-19	-22	-18	-16	-18	-22	
Congelador Vertical (-18 °C-22°C)	-19	-19	-21	-19	-15	-17	-17	-16	-23	-22	-22	-21	-24	-23	-19	-23	-23	-20	-18	-24	-22	-16	-21	-23	-23	
	-22	-24	-15	-20	-18	-24	-18	-18	-16	-20	-24	-17	-22	-19	-16	-23	-15	-19	-15	-16	-21	-21	-24	-21	-18	
	-23	-19	-17	-18	-20	-18	-22	-22	-19	-19	-21	-15	-23	-18	-21	-19	-16	-21	-16	-18	-16	-24	-24	-24	-20	
Congelador de Apoyo (-18°C -22°C)	-18	-17	-22	-19	-15	-23	-22	-16	-16	-23	-17	-21	-23	-18	-20	-17	-15	-17	-24	-21	-18	-17	-19	-23	-21	
	-23	-22	-19	-23	-18	-20	-22	-21	-18	-16	-18	-20	-16	-21	-24	-23	-22	-21	-20	-16	-17	-16	-24	-15	-19	
	-22	-18	-20	-23	-18	-20	-24	-16	-19	-22	-18	-20	-17	-19	-16	-22	-20	-17	-17	-19	-17	-19	-17	-24	-17	
Congelador de Litros (-14°C -18°C)	-14	-12	-18	-19	-14	-16	-16	-20	-14	-12	-14	-18	-14	-20	-14	-20	-16	-14	-13	-20	-19	-15	-16	-17	-15	
	-17	-14	-13	-20	-19	-16	-12	-17	-19	-18	-13	-15	-16	-14	-16	-19	-16	-17	-12	-17	-19	-17	-16	-16	-14	
	-16	-17	-12	-18	-12	-17	-15	-19	-19	-12	-15	-17	-14	-13	-15	-12	-18	-13	-17	-20	-17	-14	-18	-17	-14	
Congeladora True (2°C, 4 °C)	3	4	1	1	4	0	6	0	3	5	1	3	5	6	3	5	0	2	5	6	1	5	0	1	6	
	1	5	2	6	6	3	4	0	4	5	6	0	3	1	2	3	6	4	3	2	2	0	1	2	4	
	1	4	5	2	6	6	2	2	5	0	2	2	4	1	6	5	6	2	4	6	5	2	6	6	0	
Mantenedor de galletas (118°C, 120 °C)	119	117	119	116	115	118	120	121	119	119	118	118	120	122	122	116	120	115	117	119	117	115	117	115	115	
	122	121	119	115	117	119	117	120	119	118	122	120	115	120	122	122	121	115	118	116	119	119	122	116	117	122
	118	115	118	122	116	115	120	120	122	120	118	122	115	121	122	120	119	115	120	116	115	120	115	120	115	

Imagen 7. Cronograma. Seguimiento Semanal. Elaboración Propia

Una vez realizada la verificación, los valores obtenidos son registrados en la plantilla de seguimiento correspondiente a la semana evaluada. Este registro permite construir un histórico de comportamiento para cada equipo, facilitando la identificación de tendencias, desviaciones o variaciones anormales que puedan afectar la calidad del producto o anticipar futuras fallas en el sistema de refrigeración.

Adicionalmente, la información recopilada puede servir como criterio de apoyo para la toma de decisiones de mantenimiento, permitiendo programar inspecciones adicionales, ajustes operativos o intervenciones preventivas cuando se detecten condiciones fuera de los rangos establecidos. De esta manera, el seguimiento semanal actúa como un mecanismo de mantenimiento basado en condición, complementando las actividades preventivas definidas mediante la metodología RCM.

La implementación de esta herramienta contribuye a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, facilita el control operativo por parte de la organización y permite verificar de forma continua que los activos mantengan las condiciones necesarias para garantizar la conservación adecuada de los productos comercializados en los puntos de venta.

CONCLUSIONES

- El análisis final de la investigación realizada sobre la operación de los puntos de venta del distrito Bogotá Norte evidencia que la gestión del mantenimiento en Comercial Allan S.A.S. se ha concentrado históricamente en intervenciones correctivas. Esta situación ha generado altos costos operativos, interrupciones inesperadas del servicio y una disminución progresiva en la vida útil de los equipos instalados en los puntos de venta. Asimismo, la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo estructurado ha derivado en fallas recurrentes, afectaciones en la calidad del producto y dificultades para garantizar la continuidad del servicio en condiciones adecuadas.
- La elaboración de la matriz de criticidad permitió identificar los equipos con mayor impacto sobre la operación de los puntos de venta del distrito Bogotá Norte, considerando criterios como frecuencia de falla, impacto operacional, calidad del producto, seguridad y mantenibilidad. Los resultados evidenciaron que los equipos asociados a la cadena de frío presentan la mayor criticidad debido a su influencia directa sobre la conservación del producto y la continuidad del servicio. Asimismo, el análisis permitió establecer prioridades para enfocar los recursos de mantenimiento y definir posteriormente estrategias preventivas más adecuadas mediante la metodología RCM.
- La elaboración del AMEF permitió identificar los modos de falla más comunes y críticos de los equipos, así como las posibles causas y efectos asociados a cada uno de ellos. Además, mediante el cálculo del RPN, se logró determinar cuáles fallas representan un mayor riesgo para los activos de la empresa, permitiendo priorizar las acciones de mantenimiento propuestas en la hoja de decisión. De esta manera, la metodología cumplió con su objetivo de evaluar la probabilidad de aparición de potenciales fallos y reconocer los efectos que estos pueden generar, permitiendo al ingeniero tener una visión más clara de la situación a la que se enfrenta, comprender el

problema y tomar decisiones más acertadas según las condiciones y necesidades de cada equipo.

- Tomando como línea base la relación actual de aproximadamente 9 mantenimientos correctivos por cada mantenimiento preventivo (ICP = 8,83), se propone como meta de gestión reducir progresivamente este indicador mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo desarrollado. En este sentido, se estima que para mediados del año 2027 los mantenimientos correctivos representen cerca del 75% de las intervenciones totales y los preventivos alrededor del 25%, alcanzando una relación aproximada de 3 correctivos por cada mantenimiento preventivo. Esta proyección busca orientar a la compañía hacia una gestión más preventiva, disminuyendo la dependencia de intervenciones correctivas y mejorando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos en los puntos de venta del distrito Bogotá Norte.
- Se recomienda realizar una actualización y seguimiento semanal del cronograma de mantenimiento preventivo, ya que en la práctica las actividades programadas no siempre se ejecutan en las fechas inicialmente establecidas debido a factores operativos, disponibilidad de personal, atención de emergencias o requerimientos de repuestos. Por esta razón, es fundamental revisar periódicamente el estado de cada orden de trabajo en el software SAMM, verificando si se encuentra programada, ejecutada, pendiente o en espera de repuestos. Asimismo, se recomienda que esta revisión sea realizada conjuntamente entre el coordinador de mantenimiento y el responsable de la programación, con el fin de validar el cumplimiento real de las actividades, actualizar oportunamente el cronograma y garantizar una adecuada trazabilidad de las intervenciones efectuadas sobre los equipos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar seguimientos e inspecciones presenciales periódicas a los equipos intervenidos, ya que en múltiples ocasiones las órdenes de trabajo registradas en el software SAMM aparecen como ejecutadas o finalizadas, generando la percepción de que la actividad fue completada satisfactoriamente. Sin embargo, durante las visitas realizadas en los puntos de venta se evidenció que algunos equipos continuaban presentando condiciones inadecuadas de operación, tales como acumulación de suciedad, desviaciones en la temperatura de funcionamiento o actividades de mantenimiento ejecutadas de manera parcial. Por lo anterior, se considera fundamental complementar el seguimiento documental con verificaciones en campo que permitan validar la efectividad real de las intervenciones realizadas.
- Se recomienda implementar y mantener actualizadas las hojas de vida de los equipos, dentro del CMMS de la compañía incorporando información técnica, historial de intervenciones, fallas presentadas y cambios de componentes, con el propósito de fortalecer la gestión de activos y mejorar la trazabilidad de las actividades de mantenimiento.
- Se recomienda realizar un seguimiento semanal a los indicadores de mantenimiento establecidos en el presente proyecto, especialmente aquellos relacionados con la relación correctivo-preventivo (ICP), el cumplimiento del mantenimiento programado y la disponibilidad de los equipos. Una vez el plan sea implementado a nivel nacional, este seguimiento deberá efectuarse por cada coordinador de mantenimiento en conjunto con su técnico asignado, con el fin de monitorear el desempeño de las actividades ejecutadas, verificar el comportamiento operativo de los equipos y garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos. Así mismo, esta práctica permitirá fortalecer

la transparencia en la gestión del mantenimiento, mejorar el control sobre la disponibilidad de los activos y facilitar la toma de decisiones basada en información actualizada y confiable.

BIBLIOGRAFÍA

1. 21, P. (2023). Norma ISO 14224: aprende de esta norma esencial. *Predictiva 21*.
2. Alex Thomas. (2023). *Mantenimiento Industrial: Estrategias, herramientas y mejores prácticas*. Fractal.
3. Blinkergroup. (2024). Mantenimiento en la industria alimentaria. *Blinker Professional Components* , 9-27.
4. Guillermo Montero. (2025). *Implantación de la Metodología AMFE* . Proinca Consultores.
5. Johnathan Guzman. (2024). *Norma ISO 55000: Sistema de Gestión de Activos*. CPCON.
6. MKT. (2021). ¿Qué es la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en la gestión del mantenimiento? *Engeman*.
7. MovilGmao. (2018). *Breve historia del mantenimiento*. MovilGmao.
8. NQA Kiwa Company. (2018). *¿Qué es la ISO 55001?*
9. Predictiva 21. (2023). Norma ISO 14224: aprende de esta norma esencial. *Predictiva 21*.
10. Ramón Toro. (2023). *Mantenimiento: Un legado de innovación*. Fractal.
11. Rosales, J. (2022). *Los 10 tipos de mantenimiento que debes conocer*. Fractal.
12. Salesforce Latam. (2025). *Amef ¿qué es la evaluación de riesgos y calidad?* Salesforce Latam.
13. Tarlengco, J. (2025). *¿Qué son las BPM?* SafetyCulture.

14. Toro, R. (s.f.). *Mantenimiento: Un legado de innovación a lo largo de las décadas*.
15. Alberto Mora, G. (2009) *Tomado de Procedimiento FMECA-RPN en AlfaOmega (Ed). Planeación Ejecución y Control (pp 352-356)*.
16. Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad* (2.^a ed.). Aladon.