

Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud

Ángela Gissel Cortés Urrego, José Luis Valbuena Rojas

**Universidad ECCI Dirección de Posgrados, Especialización en Gerencia de
Mantenimiento**

Msc. Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco

Bogotá D.C. Septiembre, 2020

Dedicatoria

Llena de satisfacción, dedicó este trabajo de grado, fruto de grandes esfuerzos y noches sin dormir, a mis padres, quienes me han brindado su apoyo incondicional y motivación, durante toda mi formación académica, motivación y apoyo que han servido de soporte para no desfallecer.

Con amor,

Angela Cortés

Este trabajo esta dedicado a la memoria de mi Mama Olga Rojas, quien me animo siempre a dar lo mejor de mi durante todos estos años, también agradezco a mi familia y a Dios por guiarme a lo largo de este proceso, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

José Luis Valbuena

Agradecimientos

Gracias Dios, por regalarnos la oportunidad de pertenecer a ese pequeño porcentaje de personas que en Colombia puede acceder a educación de posgrado, nos sentimos inmensamente bendecidos.

Nuestro más profundo agradecimiento para nuestras familias, por ser la fuerza que nos mantiene en pie.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor, el docente Miguel Ángel Urián Tinoco, por compartirnos su conocimiento y guiarnos para culminar con éxito de este trabajo de grado.

Agradecemos al Instituto Nacional de Salud, no solo por permitirnos realizar este trabajo, sino por la labor que hacen como primer respondiente en Colombia, a la pandemia por COVID-19.

Tabla de contenido

1	Título de investigación	10
2	Problema de investigación.....	10
2.1	Descripción del problema.....	10
2.2	Planteamiento del problema.....	11
2.3	Sistematización del problema.....	12
3	Objetivos de la investigación.....	12
3.1	Objetivo general	12
3.2	Objetivos específicos.....	12
4	Justificación y delimitación	13
4.1	Justificación.....	13
4.1.1	Justificación social	14
4.1.2	Justificación técnica	14
4.1.3	Justificación legal.....	14
4.2	Delimitación	15
4.3	Limitaciones	15
5	Marco Conceptual	16
5.1	Estado del arte	16
5.1.1	Estado del arte nacional	16
5.1.2	Estado del arte internacional.....	19

5.2	Marco teórico	24
5.2.1	Mantenimiento	24
5.2.2	Mantenimiento centrado confiabilidad (RCM).....	25
5.2.3	Principios básicos de mantenimiento.....	26
5.2.4	Concepto fundamental de refrigeración.....	27
5.2.5	Fallas funcionales.....	27
5.2.6	Almacenamiento	28
5.2.7	Biológico.....	28
5.2.8	Bioseguridad	28
5.2.9	Estabilidad.....	29
5.2.10	Inspección	29
5.2.11	Convección	29
5.2.12	Ciclo mecánico de refrigeración	29
5.2.13	Lado de alta presión	31
5.2.14	Lado de baja presión	31
5.3	Marco normativo/legal	32
5.4	Marco teórico	33
6	Marco metodológico	35
6.1	Recolección de la información.....	35
6.1.1	Tipo de investigación.....	35

6.1.2	Fuentes de obtención de la información	36
6.1.3	Instrumentos de recolección de la información	36
6.1.4	Metodología	36
6.2	Análisis de la información.....	44
6.2.1	Historias de equipos de refrigeración	45
6.2.2	Modos de falla.....	46
6.2.3	Disponibilidad.....	47
6.2.4	Tiempo promedio entre fallas	48
6.3	Propuesta solución.....	49
6.3.1	Pasos para el plan de mantenimiento	53
7	Impactos esperados/generados	55
8	Análisis financiero.....	56
9	Conclusiones y recomendaciones	58
9.1	Conclusiones	58
9.2	Recomendaciones.....	59
10	Bibliografía	60

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 38
Ilustración 2 39
Ilustración 3 46
Ilustración 4 57
Ilustración 5 58

Tabla de tablas

Tabla 1 32
Tabla 2 40
Tabla 3 42
Tabla 4 44
Tabla 5 45
Tabla 6 47
Tabla 7 48
Tabla 8 50
Tabla 9 51
Tabla 10 51
Tabla 11 56

Resumen

El presente trabajo se basa en una propuesta de mantenimiento basada en RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para los equipos de refrigeración, del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud, con el se pretende mejorar el plan de mantenimiento actual, generando estrategias que permitan aumentar el índice de disponibilidad de los equipos, disminuir el número de fallas y lo costos de reparación

Se realizó un estudio de los componentes de un sistemas de refrigeración, se clasificaron taxonómicamente sus elementos, se estudiaron las fallas significativas, se realizó un diagnóstico, para conocer el contexto del plan de mantenimiento e identificar las posibles desviaciones, con esta información se estableció la causa raíz del problema de investigación, partiendo de ahí se definieron las estrategias y actividades asociadas, que motivaron a la formulación de una propuesta de mantenimiento basada en RCM.

Palabras clave

Mantenimiento, RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), Refrigeración, TMEF (Tiempo Medio entre Fallas).

Abstract

The present work is based on a maintenance proposal based on RCM (Reliability Centered Maintenance, for refrigeration equipment, of the virology laboratory of the National Institute of Health, with which it is intended to improve the current maintenance plan, generating

strategies that improve the availability index of the equipment, reduce the number of failures and repair costs

A study of the components of a refrigeration system was carried out, its elements were classified taxonomically, significant failures were studied, a diagnosis was made, to know the context of the maintenance plan and identify possible deviations, with this information the root cause of the research problem, starting from there the associated strategies and activities were defined, which motivated the formulation of a maintenance proposal based on RCM.

Keywords

Maintenance, RCM (Reliability Centered Maintenance), Refrigeration, TMEF (Mean Time Between Failures).

1 Título de investigación

Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud.

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Actualmente el Grupo de Equipos de laboratorio del Instituto Nacional de Salud es el encargado de gestionar oportuna y eficientemente los servicios de mantenimiento en los equipos, entre ellos, los de refrigeración, garantizando el funcionamiento adecuado, oportuno e ininterrumpido de los laboratorios.

El programa actualmente se realiza con base en el plan de aseguramiento metrológico implementado desde el año 2015, en el cual se ha establecido para todos los equipos de refrigeración del laboratorio de virología una rutina de mantenimiento preventivo anual sin contar con un plan de mantenimiento o una rutina de verificación de la variable temperatura con una periodicidad semestral, lo que provoca que los equipos constantemente presenten fallas, incurriendo en costos de reparación, repuestos no presupuestados y equipos fuera de servicio, generando un impacto negativo en las actividades misionales del laboratorio.

El laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud es el centro de referencia en patologías virales en Colombia, como poliomielitis, conjuntivitis viral, meningitis, encefalitis por

herpes, dengue, chikunguña, Zika, encefalitis equinas, fiebre amarilla, rabia urbana, influenza, sarampión, rubéola, hepatitis, enfermedad diarreica por rotavirus, norovirus, adenovirus, virus de inmunodeficiencia humana (VIH) y en la actualidad el nuevo coronavirus (SARS-CoV-2).

Para la conservación de sangre y derivados, líquidos biológicos y tejidos, reactivos, químicos, biológicos y cepas son utilizados equipos de refrigeración cuya función es la de mantener en un ambiente controlado los mismos, para lograr esto, se requiere que la temperatura al interior del refrigerador sea inferior a la temperatura ambiente, dado que entre más baja sea la temperatura menor será la actividad química y biológica, por esta razón, al reducir la temperatura, se logra controlar el efecto que la misma tiene sobre las sustancias cuya composición y estructura se quiere conservar.

Si no se cuenta con un plan de mantenimiento adecuado, los equipos de frío constantemente pueden interrumpir las operaciones, alterando considerablemente los programas de almacenamiento del laboratorio. En muchas ocasiones puede provocar cuellos de botella en las entregas de lotes, incrementando la cantidad de material en almacenamiento, lo que implica: un sobre stock, mayor inversión inmovilizada, problemas de calidad en el producto acumulado; personal ocioso y desmotivado; mayor desperdicio de materiales con más altos costos en las reparaciones.

2.2 Planteamiento del problema

¿Una propuesta de mantenimiento para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) permitirá aumentar la disponibilidad de los equipos?

2.3 Sistematización del problema

¿El programa de mantenimiento actual afecta la disponibilidad de los equipos de refrigeración del laboratorio de virología?

¿De qué manera una propuesta de gestión de mantenimiento permitirá minimizar el número de averías y aumentar la disponibilidad de los equipos de refrigeración del laboratorio de virología?

¿Cómo aumentar el tiempo de vida útil en el sistema de refrigeración del Instituto de Virología?

3 Objetivos de la investigación

3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mantenimiento para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

3.2 Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual del funcionamiento de los refrigeradores instalados en el laboratorio.

Aplicar el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) para identificar los riesgos y mitigarlos con acciones preventivas.

Ofrecer el plan de mantenimiento con técnicas predictivas y actividades preventivas que puedan ser utilizadas a futuro en un modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

La calidad de los productos de laboratorio y muestras de laboratorio se aseguran en el buen funcionamiento de sus recámaras y equipos de refrigeración y su sistema, al reducir los riesgos de falla en los equipos en los momentos operación. Esto depende del diseño de actividades asegurando la vida útil de los equipos mediante tareas seguras con algunas variaciones, todas deben ser trazadas en un orden para que el equipo no tenga ninguna parada inesperada o accidente ocasionando problemas en los resultados de las pruebas almacenadas.

El proyecto tiene como objetivo obtener un plan de mantenimiento, donde se garantice la disponibilidad de la instalación para atender la necesidad de refrigeración del instituto nacional de salud con calidad y productividad y asegurar los costos adecuados. Se aportará con el mejoramiento de las buenas prácticas por parte de los operarios, facilitándole las labores de limpieza e higiene de los equipos, El incremento de gastos por mantenimiento y reparación de equipos se reducirán, porque se evitará incurrir en gastos elevados al momento de fallar el equipo. De esta forma, al mejorar su proyección futura con respecto al presupuesto para el mantenimiento, se logrará tener un mejor control sobre aspectos financieros y rentabilidad del laboratorio.

4.1.1 Justificación social

Las buenas prácticas de almacenamiento de pruebas de laboratorio son requerimientos aplicados a todos los resultados de los análisis practicados para asegurar el control de calidad del proceso inicial donde deberá monitorear la cadena de frío aplicada desde la fase pre analítica, analítica y post analítica para evitar confusiones.

El laboratorio produce resultados analíticos que se utilizan de manera generalizada en los contextos clínicos y de salud pública y los resultados relacionados con la salud dependen de la exactitud de los análisis y de su notificación. Si los resultados son inexactos las consecuencias pueden ser muy significativas entre ellas. Tratamientos innecesarios, complicaciones de tratamiento, falta de proporcionar el tratamiento adecuado, retrasos en el diagnóstico y pruebas adicionales innecesarias.

4.1.2 Justificación técnica

Con el paso de los años, se observa una ligera tendencia en alguna medida de control de casos en beneficio de los procesos y de efectividad de los resultados de gestión de mantenimiento. Se busca implementar tareas tanto preventivas como correctivas (si aplica) en todos los equipos de refrigeración, en busca de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de estos, se hace necesario la implementación de la metodología RCM, que defina parámetros y actividades necesarias que mejoren y conduzcan a una baja de costos de mantenimiento y sus implicaciones.

4.1.3 Justificación legal

Hacer caso omiso a las recomendaciones o especificaciones de almacenamiento pone en peligro la vida y salud de cada paciente y la reputación del Instituto Nacional de Salud. La

autoridad competente aplicará las medidas de seguridad, sanciones y el procedimiento establecido en los artículos 10 y siguientes del Decreto 2240 de 1996 a los integrantes de la Red Nacional de Laboratorios que incumplan con lo dispuesto en el presente decreto, sin perjuicio de las demás acciones a que hubiere lugar.

4.2 Delimitación

Este proyecto se llevará a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud ubicado en la Av. calle 26 # 51-20 en la ciudad de Bogotá D.C., con la finalidad de realizar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y adaptado a las condiciones ambientales y necesidades operativas del laboratorio.

El diseño de la propuesta de mantenimiento para los equipos de refrigeración del laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) está pensado para desarrollar en un espacio de tiempo de seis meses, los autores se comprometen a entregar la propuesta, su implementación dependerá única y exclusivamente de las decisiones de la alta gerencia.

4.3 Limitaciones

Una de las principales limitaciones que puede presentar el programa a implementar, es la evaluación del número de colaboradores que llevan a cabo el mantenimiento de refrigeración, lo que puede pasar es que sea insuficiente para cubrir las necesidades de los equipos 24/7.

Una desventaja importante para tener en cuenta son los recursos económicos y materiales con que se cuentan, tanto para el curso de capacitación como para la aplicación del programa en los curatos fríos, no se cuenta con inventario de repuestos, por lo que en ocasiones se tendría que buscar financiamiento de un proveedor externo por parte de la

institución para llevar a cabo el plan de mantenimiento.

Debido a las condiciones actuales la implementación del programa de mantenimiento se realizará en el largo plazo debido a la falta de infraestructura y dada la limitante de la cantidad de personas que se puede tener en una sala. El curso se debe impartir en más de 4 semanas con un número reducido de técnicos en las instalaciones de la Jefatura de Área.

5 Marco Conceptual

5.1 Estado del arte

5.1.1 Estado del arte nacional

5.1.1.1 Metodología RCM

El trabajo de grado desarrollado por los ingenieros Armando Castrillón y Ricardo Gallego, de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, titulado “*Diseño del plan de mantenimiento preventivo*” basado en la filosofía RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) para los equipos de la empresa de confecciones JONLEY S.A.S, (Castrillón & Gallego, 2019). Los investigadores hacen uso de la metodología RCM para obtener mejoras significativas en la disponibilidad de los equipos y, por ende, aumentar la productividad de la planta y al mismo tiempo disminuir costos en la operación.

5.1.1.2 Taxonomía

El estudiante de ingeniería Mecánica de la Universidad de Antioquía, Faber Cardona, en su tesis titulada, “*Formulación de Plan de Mantenimiento Basado en RCM para Bombas*”

De Vacío del Hospital Universitario San Vicente Fundación”, expone que parte de la implementación de la metodología RCM consiste en realizar el análisis taxonómico del equipo y la hoja de análisis con sus respectivos ítems indicando cuales son las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de la falla (Cardona, 2020) . El método de análisis referenciado en este trabajo es un clasificador riguroso de los equipos y sus subsistemas y/o componentes, que permite identificar adecuadamente los componentes y las partes de mayor criticidad para la elaboración de estrategias de mantenibilidad.

Wilber Pico estudiante de la facultad de ingeniería de la Universidad Tecnológica de Santander, elaboró el trabajo de grado que lleva por título “*Protocolo para mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de refrigeración de los cuartos de control de la refinería de Barrancabermeja*” para el desarrollo de su trabajo, este estudiante realizó a cada equipo una inspección, codificó cada una los elementos que componen los equipos y asignó tareas de mantenimiento a las partes mantenibles (Pico, 2020), este trabajo se selecciona como objeto de estudio, toda vez que sirve como pauta para no dejar de abordar algún elemento clave en el la propuesta de mantenimiento a diseñar.

5.1.1.3 Matriz de criticidad

El trabajo de grado titulado “*Diseño de plan de mantenimiento basado en RCM para el equipo de mayor criticidad en la planta premezcladora CIFA, CEMEX Bello - Antioquia*”, desarrollado por los estudiantes Zamir Carreño y Jaime Rotavista de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía, en cuya investigación buscan evidenciar la importancia del análisis de la criticidad de los equipos de la planta en mención y el establecimiento de niveles de criticidad tanto en los equipos como en los subsistemas que los componen. (Carreño & Rotavista, 2019).

El trabajo citado es importante puesto que brinda el primer paso a seguir para jerarquizar el programa de mantenimiento, ponderar cada uno de los equipos y sus subsistemas, de tal forma que permitan establecer prioridades y orientar el foco del mantenimiento que debe darse a los equipos de la presente investigación.

La tesis *“Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad en los equipos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda”*, documenta el trabajo de pasantía del estudiante Juan David Ortiz del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, en el cual se evidencia que el primer paso desarrollado por el estudiante fue la jerarquización de los activos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, determinando si vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos) hacia ciertos equipos, valiéndose de unos parámetros ya establecidos. (Ortiz, 2018), la base de este modelo fue tomada de las recomendaciones proporcionadas por el libro *Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos*, libro que será objeto de consulta en la presente investigación dado que al igual que el Laboratorio de Salud Pública de Risaralda, el Instituto Nacional de Salud cuenta con poca información desde el punto de vista de fallas.

5.1.1.4 Capacitación

La tesis para optar al título de ingeniero mecánico del estudiante Adrián Rendón titulada *“Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeración en cuartos fríos”*, detalla la importancia de proveer de conocimientos teórico-prácticos a los técnicos de mantenimiento y operarios de los equipos, con el fin de reducir considerablemente los costos de funcionamiento y reparación en caso de averías (Rendón, 2019). Este trabajo permite ahondar en los

requerimientos de formación necesarios para vincular a todos los actores de la gestión de mantenimiento a la propuesta que se pretende diseñar para el Instituto Nacional de Salud.

5.1.1.5 Hojas de vida de equipos.

Luis Miguel Rincón en su trabajo de grado bajo la modalidad de pasantía presentado para obtener el título de Ingeniero Mecánico, *diseñó un plan de mantenimiento general para equipos de refrigeración y aires acondicionados con la empresa Kryotec en Bucaramanga Santander*, para el desarrollo este trabajo de investigación uno de los objetivos establecidos fue la recopilación de la información de las actividades de mantenimiento, dado que no se llevaban registros, los investigadores crearon formatos de hojas de vida, fichas técnicas y plan de mantenimiento (Rincón, 2019). El trabajo que antecede se toma como referencia para la revisión de los formatos de hoja de vida y ficha técnica con que cuenta el Instituto Nacional de Salud para el registro las actividades de mantenimiento.

5.1.2 Estado del arte internacional

5.1.2.1 Filosofía RCM

En el artículo publicado en la revista Científica, vol. 23, núm. 1, 2019 del Instituto Politécnico Nacional en ciudad de México, el cual lleva como título “*Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*”, expone una metodología para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su

contexto operacional actual. Este enfoque permite determinar el plan de mantenimiento idóneo a través de la identificación de acciones que reduzcan la probabilidad de falla en forma efectiva mezclando de manera óptima acciones cíclicas, condicionadas o temporales. La metodología parte de la formulación de siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

¿Cuáles son las funciones y los parámetros del funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

¿En qué sentido es importante cada falla?

¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Basadas en la norma SAE JA1011, la cual establece los criterios mínimos que debe cumplir una metodología para que pueda definirse como RCM; especifica que cualquier proceso de RCM debe asegurarse de responder satisfactoriamente en secuencia las preguntas establecidas. (Instituto Politécnico Nacional, 2019).

5.1.1.2 Análisis de causa raíz

En la tesis denominada “*Análisis del proceso de mantenimiento de los equipos de las cámaras frigoríficas de la empresa florícola JOSARFLOR S.A. y su incidencia en el costo de operación.*”, el estudiante Luis Quispe, de la Universidad Tecnológica Indoamérica en Ecuador, utiliza de análisis Pareto y diagramas Ishikawa encontrar las posibles causas que generan el alto

costo de mantenimiento, se encontró varias causas que no son corregidas a tiempo en los mantenimientos

preventivos, estas ocasionan paros imprevistos, lo cual genera pérdidas económicas a Josarflor por afectación en la calidad de la flor por la variación de temperatura en la cámara frigorífica (Quispe, 2018), la identificación de la cada raíz permite estudiar las distintas acciones correctivas para mitigar la ocurrencia de fallas, al ser los equipos de estudio similares a los de la presente investigación, se realiza una revisión a fondo de los análisis realizados por el autor.

5.1.1.6 Análisis de criticidad

Según René Fornés, Luis Ochoa, Adolfo Cano y Elizabeth González del Instituto Tecnológico de Sonora, en su artículo “*Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el área de laboratorios de una Institución de Educación Superior*” publicado en revista de Aplicaciones de la Ingeniería en septiembre 2016 Vol.3 No.8 77-86 a partir del análisis funcional y (AMEF) Análisis de Modo y Efecto en la Falla, implementan una metodología para la valoración de riesgos considerando diferentes valores para aspectos como : a) frecuencia de falla; b) impacto operacional; c) flexibilidad operacional; d) costo de mantenimiento; e) impacto en seguridad, higiene y ambiente (Fornés, Ochoa, Cano, & Gonzalez, 2016). El análisis de ponderación de riesgos permite identificar puntos críticos de la gestión de mantenimiento para poder enfocar los esfuerzos en establecer estrategias y medidas para aumentar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos o sistemas referidos como críticos.

5.1.2.4 Indicadores de gestión

El investigador Ignacio Roldán es su tesis titulada “*Análisis de datos requeridos para la medición de KPI para la gestión integrada de mantenimiento y suministros de acuerdo al estándar internacional*”, de la Universidad Técnica Federico Santa María en Chile, estudia los indicadores de mantenimiento, los identifica y determina la métrica y requerimiento necesarios para su cálculo, el trabajo concluye que la medición de desempeño es parte vital en la gestión mantenimiento, dado que permite adoptar estos indicadores dentro del proceso, indicadores que con la exactitud y calidad suficiente sirven de base para la toma de decisiones en la definición de objetivos y políticas (Roldán, 2016). Los indicadores de gestión permiten tener determinadas actividades bajo control, algunos de los indicadores más relevantes en la gestión de mantenimiento son: índice de disponibilidad, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, índices de cumplimiento, tiempo medio de resolución de una orden de trabajo, índice de costos, todos estos serán objeto de estudio en la presente investigación.

5.1.2.5 Plan de mantenimiento

Giancarlo Tencio, en su tesis titulada “*Diseño del sistema de gestión de mantenimiento para equipo de refrigeración y aire acondicionado en poulton ingeniería*” Costa Rica, 2016”, diseñó un modelo de gestión de mantenimiento para los equipos de refrigeración y aire acondicionado, para esto, realizó inicialmente un diagnóstico de la situación actual, selecciono las estrategias de mantenimiento, las herramientas y la inversión requerida, así mismo, determinó los indicadores para evaluar la propuesta (Giancarlo, 2016). Este trabajo da pautas importantes para la estructura de la propuesta de la presente investigación ya que coincide en el

diagnóstico inicial planteado y en algunas estrategias de mantenimiento seleccionadas para el diseño de la propuesta.

En el trabajo de investigación titulado “*Influencia del mantenimiento preventivo en la productividad de los equipos refrigeración*”, desarrollado por José Luis Orbezo y Gino Natividad, estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte de Perú, plasman la importancia del mantenimiento preventivo y la incidencia en la productividad de los equipos, así mismo, realizan una revisión sistemática de diferentes artículos científicos, libros especializados y tesis cuya temática era similar a su investigación (Orbezo & Natividad, 2020). Se toma el trabajo de investigación como parte de las fuentes de información a analizar, como complemento para determinar las frecuencias de mantenimiento apropiadas para el diseño de propuesta de mantenimiento que tiene por objeto la presente investigación.

5.1.2.6 Limpieza de equipos

En su tesis titulada “*Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón*”, el estudiante de ingeniería industrial Álvaro Pesantez, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Ecuador, cuyo objetivo fue brindar un lineamiento sobre los tipos de mantenimiento y la frecuencia con que se debían ejecutar los mismos sobre los equipos de dicha compañía, el desarrollo del trabajo consistió en un diagnóstico inicial de la condición

de los equipos y del programa de mantenimiento actual, el mismo que incluye tres actividades principales que son: la inspección, limpieza y mantenimiento general periódico (Pesantez, 2014). El trabajo mencionado, conduce a la relevancia de incluir dentro del

programa de mantenimiento actividades de limpieza que conllevan a un mejor funcionamiento de los equipos, teniendo en cuenta que los equipos de refrigeración tienden a acumular hielo por lo que requieren de procesos de descongelación que permiten la libre circulación del aire dentro de la cámara de los equipos, permitiendo de esta manera un mejor funcionamiento de estos.

5.2 Marco teórico

La refrigeración es el proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura con un fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o lograr un ambiente agradable. El almacenamiento refrigerado de productos farmacéuticos de laboratorio se conoce como almacenamiento en frío. (Duran Giraldo et al., 2016). La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a una temperatura ambiente o no requerida. La implementación de hielo de origen natural o artificial como hielo seco como agentes refrigeradores mecánicos y eléctricos existían antes de la I guerra mundial cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos.

5.2.1 Mantenimiento

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y equipos en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalaciones, calibración, reparación y reconstrucción.

Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de las políticas o criterios para la toma de decisiones en la administración y la aplicación de programas de mantenimiento. (Parra, 2016)

La importancia del mantenimiento radica en que es necesario preservar los equipos e instalaciones en perfecto estado para no producir ninguna pérdida al interior de la organización. Para que un mantenimiento se considere eficiente este debe garantizar la productividad, asegurar el correcto servicio de los equipos, así como la protección y conservación de estos; además de reducir los costos generados por paradas, optimizar la disponibilidad tanto de equipos como de instalaciones, y garantizar la seguridad de todo el personal. (PATTON, 1988).

Dentro del mantenimiento es importante tener claro los conceptos de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

5.2.2 Mantenimiento centrado confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en confiabilidad busca determinar de forma sistemática las actividades que se deben desarrollar, con el fin de asegurar que los activos físicos cumplan con las funciones requeridas por el usuario, por medio del diseño de programas y planes que disminuyan el costo y el riesgo y aumenten la confiabilidad de los equipos. La definición formal del RCM, es la propuesta en la norma SAE – JA 1011 de agosto de 1999: El mantenimiento enfocado en confiabilidad es una filosofía de gestión del mantenimiento,

en la cual un grupo de trabajo multidisciplinario, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema productivo, que funciona bajo condiciones de operación definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, considerando los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales. (Sociedad de Ingenieros de la Industria Automovilística (SAE), 1999).

5.2.3 Principios básicos de mantenimiento

Para que se efectúe un mantenimiento efectivo, la meta buscada no será la sincronización de las actividades de la industria en pro de una alta productividad. Los principios de general aplicación en cualquier actividad, podemos resumirlos así:

El mantenimiento debe ser considerado como un factor económico de la empresa, debe ser planificado, eliminando la improvisación. Debe existir un exacto programa anual de Mantenimiento, basado en el costo real de reparaciones de cada máquina o instalación de trabajo. Debe existir un equipo de Mantenimiento especializado, con funciones claramente definidas dentro del propio organigrama del servicio (Jimbo Robles & Sellán Quiñónez, 2013). Debe existir información técnica completa en relación con los trabajos de mantenimiento de cada máquina o instalación. Las actividades y costos de mantenimiento deben traducirse en índices de referencia y comparación; pudiendo de esta forma seguir los pasos de la gestión del Servicio de Mantenimiento en la Industria. (Romero Noboa, 2014)

La “calidad de reparación” no debe estar sujeta a urgencias, salvo consciente decisión de los responsables del Servicio de Mantenimiento. El mantenimiento en la industria, debe basarse por igual en: elección y distribución de personal especializado; creación y control de un taller propio para atender reparaciones; orden y control de existencias del almacén de recambios; programación técnico-económica. (Sarmiento Gómez et al., 2015)

5.2.4 Concepto fundamental de refrigeración

Esto lleva a enfriar recamaras especiales y por medios artificiales productos de gran utilidad en el sector salud como las vacunas hasta una temperatura aproximada de cero grados para conservar su vida útil en el ser humano y animales.

5.2.5 Fallas funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. El proceso RCM lo hace en dos niveles: en primer lugar, identifica las circunstancias que llevaron a la falla y posteriormente se pregunta qué eventos puede causar que el activo falle. (Bejarano Clavijo & Fernández Bueno, 2015)

Los estados de falla son identificados como fallas funcionales, debido a que suceden cuando el activo no puede cumplir una función. Una vez que se haya reconocido cada falla, el próximo paso es intentar encontrar todos los hechos que, de forma razonablemente posible, puede haber causado cada estado de falla. Posteriormente, se procede a realizar una lista de los impactos de la falla que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería

incluir toda la información requerida para apoyar la evaluación de las consecuencias de la misma.

5.2.6 Almacenamiento

Es un proceso del sistema de suministros que tiene por objeto mantener y garantizar la calidad, la conservación y el cuidado de los insumos, para que la prestación de los servicios se brinde con calidad. Cuando se trata de almacenamiento de muestras o pruebas de laboratorio, el almacenamiento juega un papel muy importante donde el proceso y el aseguramiento de la cadena de frío es vital para el éxito de los tratamientos o análisis, evitando pérdidas y deterioros de cada muestra (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020)

5.2.7 Biológico

Son medicamentos adquiridos a partir de organismos vivos o sus tejidos cuyas fuentes y métodos de producción incluyen cultivos de células o de microorganismos o la extracción a partir de tejidos o de fluidos biológicos como la sangre. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

5.2.8 Bioseguridad

Es el conjunto de medidas preventivas dirigidas a mantener controlados los factores de riesgo biológicos, físicos o químicos; previniendo que su desarrollo o producto final atente contra la salud y seguridad de trabajadores, pacientes, visitantes y medio ambiente. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

5.2.9 Estabilidad

Aptitud de un principio activo o de un medicamento, de mantener en el tiempo sus propiedades originales dentro de las especificaciones establecidas, en relación con su identidad, concentración o potencia, calidad, pureza y apariencia física. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

5.2.10 Inspección

Proceso a través del cual se supervisa para corroborar si el producto cumple con los requisitos de calidad con el cumplimiento y control del consumo de materiales y lo más importante la rotación de insumos para evitar caducidades. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2014)

5.2.11 Convección

La convección es el flujo de calor por medio de un fluido, que puede ser un gas líquido, generalmente agua o aire. El aire puede ser calentado en un horno y después descargado en el cuarto donde se encuentran los objetos.

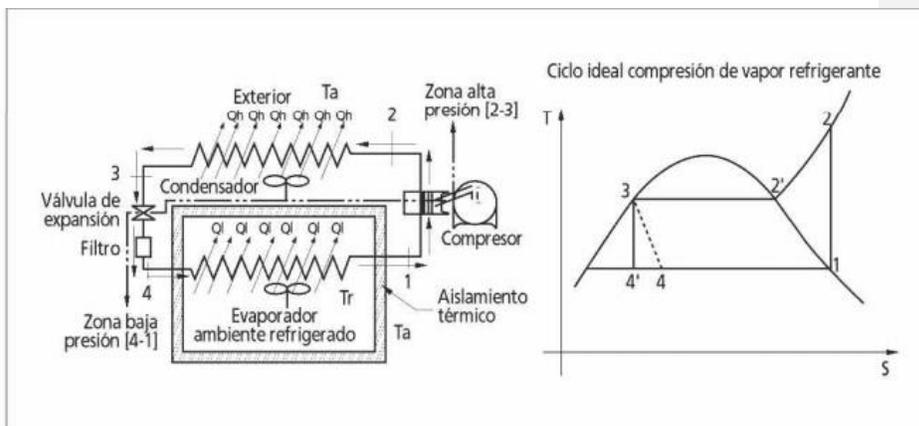
5.2.12 Ciclo mecánico de refrigeración

Si se superponen un esquema de un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier. Diagrama de un ciclo; debemos recordar que el objeto de un proceso de refrigeración es extraer calor de los materiales: alimentos, bebidas, gases y de cualquier otro material que se desea enfriar, valiéndonos

de los principios de la física como del comportamiento de los fluidos y materiales desarrollados durante el avance de la tecnología. (Duran Giraldo et al., 2016)

Tal como su nombre lo dice, se trata de un proceso hermético en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente. Dentro del ciclo de refrigeración y basado en la presión de operación se puede dividir el sistema en dos partes: lado de alta presión, el cual es parte del sistema que está bajo la presión del condensador y lado de baja presión, que es parte del sistema que se encuentra bajo la presión del evaporador.

Gráfica 1. Ciclo de refrigeración



Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

5.2.13 Lado de alta presión

Compresor: (1-2) comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

Condensador: (3-4) extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento. Para condensadores enfriados por aire, puede decirse que la temperatura del refrigerante en un condensador debe estar 15°C por encima de la temperatura promedio del aire alrededor de este (temperatura del condensador = temperatura ambiente + 15°C). Dispositivo de expansión: (5-6) es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación con su longitud capilar. (Salud, 2005)

5.2.14 Lado de baja presión

Evaporador: (6-7) suministra calor al vapor de refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar. El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del

refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor, que puede observarse como presencia de escarcha en la sección, lo cual prácticamente representa una condición que tarde o temprano provocará su falla. Cumpliendo el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al succionar el refrigerante el compresor en condiciones de gas sobrecalentado. (Bejarano, 2013)

5.3 Marco normativo/legal

Tabla 1

Marco Normativo / Legal aplicable

Norma/Ley/Decreto	Numeral	Observación
NTC ISO/IEC 17025:2005. "Gestión técnica de laboratorios de ensayo y calibración"	6.4 Equipamento	En el numeral 6.4 se establecen los requerimientos técnicos referentes al acceso y disponibilidad de equipos, así como los requerimientos para la declaración de conformidad de los mismos.
ISO 9001, Sistemas de Gestión de Calidad	7.1.5 Recursos de seguimiento y medición	En el numeral 7.1.5 establece que se debe definir una metodología para el mantenimiento a los diferentes equipos utilizados.
NCTGP 1000, Calidad en Gestión Pública.	6.3 Infraestructura 7.6 Control de los equipos de seguimiento y medición.	El numeral 6.3 establece que la entidad debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura (incluye equipos) necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto y/o servicio. El numeral 7.6 establece que la entidad debe determinar el seguimiento y la medición por realizar, y los equipos de seguimiento y medición necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto y/o servicio con los requisitos determinados.

ISO 55001, Gestión de activos.	Capítulo 10.	En el capítulo 10, se establecen las pautas para alcanzar la mejora continua en la gestión de activos.
SAEJA1011, “Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad” (RCM).	Capítulo 5.	Define las preguntas y tareas del RCM, así como la implementación del mismo.

Nota: se presentan los lineamientos normativos y legales aplicables al desarrollo de la investigación, Fuente: Autores

5.4 Marco teórico

En 1943 se inicia el control de calidad de medicamentos en la facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Mayor de San Marcos. Se crea originalmente en el año 1945 como Laboratorio de Control de Calidad de Medicamentos, siendo incorporado al Instituto Nacional de Salud en 1948. (Huari Marín, 2016)

El 13 de mayo de 1969 según Decreto Ley N° 17642 el Instituto Nacional de Salud (INS) pasa a ser un organismo descentralizado del sector salud. Además, según estructura orgánica, se denomina Centro de Control de Productos Biológicos y Medicamentos.

En 1973 el INS firma el Convenio Básico de Cooperación Técnica entre los gobiernos de Perú y la República Federal de Alemania, cuyo objetivo del proyecto fue

mejorar la capacidad y la situación del Centro para realizar un control eficiente de la calidad de los medicamentos en el Perú. Inaugurándose el actual local de Chorrillos el 06 de agosto de 1976. (Ministerio de Salud, 2020).

Durante el periodo 1987 – 1990 formó parte del Comité Nacional de Medicamentos y Drogas (CONAMAD). En enero de 1991 en virtud del Decreto Legislativo 584, el Centro Nacional de Control de Calidad se constituye en un Órgano de Línea del INS y el 6 de

mayo del 2008 con D.S. 034-2008-PCM el Instituto Nacional de Salud pasa a ser Organismo Público Ejecutor. Desde el año 2001 el CNCC viene participando en pruebas de intercomparación internacionales (Ensayos Inter-laboratorios) organizados por la *Wetenschappelijk Instituut Nederlandse Apothekers (WINAp)* y la OMS/OPS, a la fecha el CNCC ha participado en 19 ensayos ínter-laboratorios, 09 organizados por la WINAp, 04 por la OMS y 6 por la OPS, alcanzando una ubicación entre los mejores laboratorios del mundo (Grupo A I). (Ministerio de Salud, 2020)

El CNCC a inicios del 2009 obtuvo la acreditación internacional conforme a la norma ISO/IEC 17025, con el Organismo de Acreditación *Assured Calibration and Laboratory Accreditation Select Services (ACLASS)*. A abril del 2010 el CNCC, revalidado su acreditación ante ACLASS y ha precalificado como laboratorio de referencia de la ONU. (Huari Marín, 2016).

6 Marco metodológico

6.1 Recolección de la información

La información de caso de estudio se obtuvo a través del Instituto Nacional de Salud y a través de la plataforma de contratación pública SECOP, la entidad permitió el acceso a información tal como, el inventario de equipos, las hojas de vida, los protocolos de mantenimiento, las frecuencias de mantenimiento, el valor del activo en almacén, las características de los mismos, así como el plan de mantenimiento vigente. (Duran Giraldo et al., 2016)

En la plataforma SECOP encontró información relacionada con contratos de mantenimiento de los equipos, listas de precios de los repuestos, estudios previos de las especificaciones de los servicios contratados y costos de los servicios asociados a los equipos de refrigeración del Instituto Nacional de Salud. (Sánchez, 2015)

6.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación se desarrolla bajo la metodología de investigación cuantitativa descriptiva, cuyo fin es captar la información cuantificable de las variables de estudio para ser utilizada en un análisis estadístico que permita dar respuesta a la pregunta de investigación.

La presente investigación contiene datos respecto de los mantenimientos de los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud y los costos asociados a los mismos.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de obtención de la información para la presente investigación es el Instituto Nacional de Salud el cual puso a disposición de los investigadores los manuales de operación, hojas de vida, fichas técnicas, informes de mantenimiento, plan de mantenimiento, protocolos, inventario, los históricos de fallas, ordenes de servicio, valor de los activos, entre otros.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias de la obtención de la información para la presente investigación son artículos científicos, tesis de grado, trabajos de investigación, libros de texto, libros electrónicos usados como referencia para dar soporte a cada uno de los elementos dentro de la investigación. (Sánchez, 2015)

6.1.3 Instrumentos de recolección de la información

El mecanismo utilizado para la recolección de datos que permitan dar respuesta a la pregunta de investigación es el análisis documental de las fuentes primarias y secundarias establecidas para la presenta investigación.

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo de los objetivos propuestos la investigación se recopilan datos y documentos de la entidad con el objetivo de hacer un diagnóstico, analizar la información

y al final diseñar una propuesta de mejora al plan de mantenimiento vigente para los equipos de refrigeración del Laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud.

Para el desarrollo del primer objetivo específico se realizará un diagnóstico de la situación actual del plan de mantenimiento de realizará un análisis de confiabilidad y disponibilidad de los equipos de refrigeración del caso de estudio.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, se llevará a cabo un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) para identificar los riesgos y mitigarlos con acciones preventivas. Para el tratamiento del tercer objetivo específico, se definirán las actividades del plan de mantenimiento con actividades predictivas y preventivas que puedan ser

contiene la ficha técnica la cual relaciona todas las especificaciones técnicas del activo.

Ilustración 2

Ficha técnica del congelador

 INSTITUTO NACIONAL DE SALUD	PROCESO EQUIPOS DE LABORATORIO		FICHA TECNICA DE EQUIPO		Versión 03
			FOR-A04.0000-010		2018-07-27
					Página 1 de 1
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO: 2019-05-17 La información descrita en este documento reemplaza las versiones anteriores de Ficha Técnica.					
IDENTIFICACION DEL EQUIPO					
EQUIPO:	CONGELADOR			SOFTWARE:	NO APLICA
NUMERO DE INVENTARIO:	11614	NÚMERO DE METROLÓGICO:	NO DISPONIBLE		
MARCA:	ELECTROLUX	MODELO:	TC-1860	SERIE:	S201804
FECHA DE INGRESO:	NO DISPONIBLE	TIPO DE INGRESO:	PROPIO		
FECHA VENCIMIENTO DE GARANTÍA:	NO DISPONIBLE	REGISTRO O PERMISO DE COMERCIALIZACIÓN:	NO DISPONIBLE		
FECHA INICIO DE OPERACIÓN:	NO DISPONIBLE	CENTRO DE COSTO:	VIROLOGIA		
FAMILIA:	FRIO	UBICACIÓN ESPECIFICA:	POLIO		
INFORMACION DEL PROVEEDOR					
FABRICANTE:	ELECTROLUX	PAÍS:	NO DISPONIBLE		
PROVEEDOR:	NO DISPONIBLE	TELÉFONO:	NO DISPONIBLE	CORREO:	NO DISPONIBLE
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO					
MAGNITUD A CONTROLAR:	TEMPERATURA				
CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS:	-23°C				
ALARMAS:	AUDIBLE	ACCESORIOS:	NO DISPONIBLE		
CONSUMIBLES:	NO APLICA				
TECNOLOGÍA PREDONIMANTE:	ELECTRONICO				
INSTALACIÓN					
DIMENSIONES EXTERNAS LxHxA (cm):	172 X 74 X 100	PESO(Kg):	NO DISPONIBLE	TIPO DE TOMA CORRIENTE(A-M):	2
POTENCIA(W):	1920	CORRIENTE(A):	16	VOLTAJE(V):	120
CONDICIONES AMBIENTALES DE OPERACIÓN:	NO DISPONIBLE				
OTRAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE:	NO DISPONIBLE				
RECOMENDACIÓN DE SERVICIOS DE OCM					
Mantenimiento Preventivo		Calibración		Verificación intermedia	X
Mantenimiento Preventivo- Verificación	X	Calificación	X	Otro (Cuál):	
DOCUMENTOS DE APOYO TÉCNICO					
INTERNO: INT-A04.0000-048	EXTERNO: NO DISPONIBLE				
OBSERVACIONES ADICIONALES					

Nota: se presenta la hoja de vida del congelador objeto de estudio, Fuente: (Insituto Nacional de Salud, 2020)

La historia de equipos cuenta también con la ficha técnica del activo, la cual contiene datos de identificación del activo, datos de contacto del proveedor de servicios de mantenimiento, especificaciones técnicas, accesorios o periféricos del activo, requerimientos de instalación, condiciones ambientales de trabajo, recomendaciones de mantenimiento y metrología, documentos de apoyo tipo manuales, instructivos, flujogramas de uso con los que se cuentan y dónde los puede ubicar el usuario o el técnico de mantenimiento, en caso de requerirlos.

6.1.5.2 Taxonomía de equipos de refrigeración

La taxonomía de los equipos permite la descomposición de los mismos en sistemas, subsistemas, componentes hasta llegar a los elementos con el fin de identificar aquellos más susceptibles a fallas, o aquellos que presentan mayor desgaste por la frecuencia de uso.

Tabla 2

Taxonomía equipos de refrigeración

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	EQUIPOS	ELEMENTOS
EQUIPO DE REFRIGERACIÓN (R)	SISTEMA ELÉCTRICO (SIE)	EVAPORADOR (EVP)	VENTILADOR (V)
			FILTRO (F)
		COMPRESOR (CPR)	MOTOR (M)
			PISTÓN(ES) (P)
			TERMOSTATO (T)
			PRESOSTATO (O)
	CONDENSADOR (CND)	GAS REFRIGERANTE (G)	COLECTOR DE LIQUIDOS (C)
			VÁLVULA DE EXPANSIÓN (L)

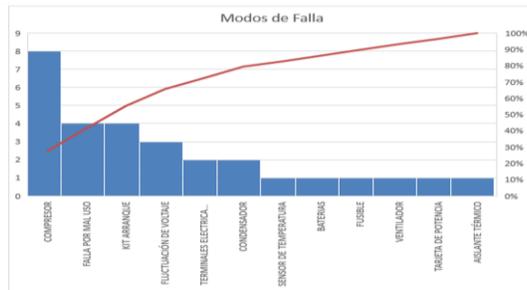
SISTEMA DE CONTROL (SIC)	CONTROLADOR (CNT)	---
	SISTEMA DE MONITOREO (SIM)	DATALOGGER (D)

Nota: Se presenta la taxonomía del nivel 5 al 7 para el equipo bajo estudio *Fuente: autores.*

6.1.5.3 Históricos de fallas

El Instituto Nacional de Salud dispone de un aplicativo denominado ‘*Service Manager*’ para la atención y seguimiento de los mantenimientos correctivos, este aplicativo disponible en la intranet permite que el usuario responsable de un equipo notifique al Grupo Equipos de Laboratorio cuando se presenta una falla, una vez atendida la orden de servicio el aplicativo guarda toda la trazabilidad del servicio, desde la fecha en que se realizó la solicitud, las actividades que se realizaron para resolver la falla, queda consignada la instalación de repuestos si hubo lugar a ello y la fecha en que se resolvió la falla o se puso el equipo nuevamente en operación.

Para la presente investigación el instituto permitió realizar consulta del histórico de fallas del primer semestre del año 2020, se filtró la información asociada a los equipos de refrigeración del Laboratorio de Virología.



Nota: se evidencia que el mayor número de fallas se concentran en las tres primeras causas nombradas Modos de falla

En la gráfica anterior se resume el histórico de fallas del primer semestre 2020 para los equipos de refrigeración del Laboratorio de Virología del Instituto Nacional de Salud, con un total de 29 fallas, siendo la más frecuente, la falla en el compresor, seguido de inconvenientes en el kit de arranque y otras por mal uso (puerta abierta, sobrecarga de los equipos, no realizar el proceso de deshielo cuando se requiere y realizar cambios en la configuración de la temperatura).

6.1.5.4 Disponibilidad de los equipos de refrigeración

De la información recopilada del 'Service Manager' se recolectó información para analizar los índices de disponibilidad, con el fin de calcular la probabilidad de falla de los equipos (TPEF) y en qué periodo de vida se encuentran los equipos que caso de estudio en función de la frecuencia de las mismas.

Tabla 3

Fallas presentadas por mes

MESES CALENDARIO	EQUIPOS FALLADOS	Días Calendario
Enero	4	31
Febrero	5	28
Marzo	5	31

Abril	3	30
Mayo	6	31
Junio	3	30
Total	26	181

Nota: Se encuentra como mes mas crítico el de mayo con seis equipos, mientras abril y junio tuvieron la menor incidencia. Fuente: autores

6.1.5.5 Protocolos de mantenimiento

En el Sistema Integrado de Gestión publicado en la intranet, el Grupo Equipos de laboratorio y producción dispone de los instructivos asociados al mantenimiento de los equipos, entre ellos, los que aplican para los equipos de refrigeración, lo cuales fueron objeto de consulta en la presente investigación con el fin de conocer las actividades de mantenimiento que se realizan y con qué frecuencia, esta información será punto de partida para la elaboración de la propuesta solución más adecuada para el instituto.

Tabla 4*Rutina de mantenimiento actual equipos de refrigeración.*

	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DETALLE DE LAS ACTIVIDADES	FRECUENCIA (meses)
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Verificación y limpieza del sistema eléctrico y protecciones. Verificación y limpieza de tarjetas electrónicas. Verificación de fluidos refrigerantes. Verificación y ajuste de sensores. Verificación de metrológica. Verificación de válvulas de alivio. Verificación y limpieza sistema de iluminación. Limpieza general interna y externa. Verificación de baterías de respaldo. Verificación y limpieza de motoventiladores. Limpieza de la unidad condensadora. Verificación de voltajes y consumo eléctrico de unidades. Verificación de empaques y sellos herméticos. Cambio de kit de mantenimiento. Revisar y ajustar el sistema eléctrico. Como tarjetas de control, conexiones, resistencias, capacitadores, displays, integrados, pantallas y en general todo componente analógico o digital. Desmontar y revisar todas las partes o componentes que requieran mantenimiento, a su vez realizar las respectivas lubricaciones en los componentes que lo requieran.	12

Nota: Se presentan las actividades y sus frecuencias de ejecución *Fuente: Autores*

6.2 Análisis de la información

Con el fin de obtener resultados que permitan una acertada toma de decisiones, se hace necesario el análisis de la información recopilada en el capítulo anterior.

6.2.1 Historias de equipos de refrigeración

6.2.1.1 Taxonomía de equipos de refrigeración

De acuerdo con la norma ISO 14224, se realizó una división jerárquica de los equipos de refrigeración en sistemas, subsistemas, equipos y elementos, con el fin de identificar y brindar atención todos los elementos fáciles de mantener que componen los equipos de refrigeración y facilitar la comunicación entre el personal de mantenimiento, facilitando la realización de una actividad de mantenimiento previamente codificada.

Tabla 5

Taxonomía equipos de refrigeración.

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	EQUIPOS	ELEMENTOS	CODIFICACIÓN	
EQUIPO DE REFRIGERACIÓN (R)	SISTEMA ELÉCTRICO (SIE)	EVAPORADOR (EVP)	VENTILADOR (V)	V-EPV-SIE-R	
			FILTRO (F)	F-EPV-SIE-R	
		COMPRESOR (CPR)	MOTOR (M)	M-CPR-SIE-R	
			PISTÓN (es) (P)	P-CPR-SIE-R	
			TERMOSTATO (T)	T-CPR-SIE-R	
			PRESOSTATO (O)	O-CPR-SIE-R	
			GAS REFRIGERANTE (G)	G-CPR-SIE-R	
			COLECTOR DE LIQUIDOS (C)	C-CPR-SIE-R	
		CONDENSADOR (CND)	VALVULA DE EXPANSIÓN (L)	L-CND-SIE-R	
		SISTEMA DE CONTROL (SIC)	CONTROLADOR (CNT)	---	CNT-SIC-R
			SISTEMA DE MONITOREO (SIM)	DATALOGGER (D)	D-SIM-SIC-R

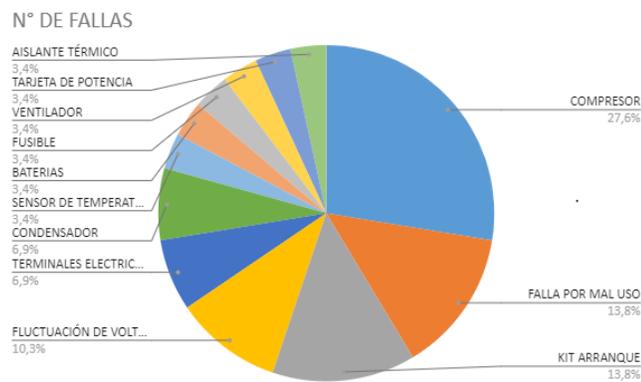
Fuente: Autores

6.2.2 Modos de falla

Se analizaron las causas de las fallas presentadas durante el período comprendido entre el primero de enero y el treinta de junio de 2020, de acuerdo con las categorías previamente estructuradas en la taxonomía.

Ilustración 3

Modos de falla



Nota: Se visualiza que el compresor es el equipo con mayor cantidad de fallas: Fuente: autores

En la gráfica se observan los modos de fallo por elemento, poniendo el compresor como el elemento con mayor probabilidad de falla, seguido del kit de arranque y las fallas asociadas al mal uso de los equipos. El diagrama muestra de forma general que del 100% de las fallas presentadas el 27,6% corresponde a fallas de compresor por lo que la propuesta solución debe apuntar a disminución de esta.

6.2.3 Disponibilidad

A partir de la premisa de que un equipo sin fallas es un equipo 100% confiable, o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno, se analizaron las fallas presentadas en el primer semestre de 2020, para encontrar este parámetro en los equipos caso de estudio.

Tabla 6

Probabilidad de supervivencia

MES	N	T(N)	P(F)	P(S)
ENERO	1	7,7500000	0,037037037	0,962962963
	2	7,7500000	0,074074074	0,925925926
	3	7,7500000	0,111111111	0,888888889
	4	7,7500000	0,148148148	0,851851852
FEBRERO	5	5,6	0,185185185	0,814814815
	6	5,6	0,222222222	0,777777778
	7	5,6	0,259259259	0,740740741
	8	5,6	0,296296296	0,703703704
	9	5,6	0,333333333	0,666666667
MARZO	10	6,2	0,37037037	0,62962963
	11	6,2	0,407407407	0,592592593
	12	6,2	0,444444444	0,555555556
	13	6,2	0,481481481	0,518518519
	14	6,2	0,518518519	0,481481481
ABRIL	15	10	0,555555556	0,444444444
	16	10	0,592592593	0,407407407
	17	10	0,62962963	0,37037037
MAYO	18	5,166666667	0,666666667	0,333333333
	19	5,166666667	0,703703704	0,296296296
	20	5,166666667	0,740740741	0,259259259
	21	5,166666667	0,777777778	0,222222222

	22	5,16666667	0,814814815	0,185185185
	23	5,16666667	0,851851852	0,148148148
JUNIO	24	10	0,888888889	0,111111111
	25	10	0,925925926	0,074074074
	26	10	0,962962963	0,037037037

Nota: se presentan en la tabla los valores obtenidos para el desarrollo del análisis, Fuente: autores

Se obtuvo un promedio de probabilidad de supervivencia de 0.5, es decir un 50% de probabilidad de fallas, lo cual es un número bastante alto, el cual se pretende acercar a 1.

6.2.4 Tiempo promedio entre fallas

En la presente investigación se utilizó el método de mínimos cuadrados para aproximar el tiempo medio ante entre fallas, parámetro importante para establecer la disponibilidad.

Tabla 7.

Método de mínimos cuadrados

N	Ti	B=Lnti	Bi=1/Lnti	Bi2	P(S)	Ln1/yi	A=ln(Ln1/yi)	Zi=A/B	ZiBi
1	5,1 7	1,6428726 9	0,60868989	0,37050338 5	0,9285714	0,07410 797	-2,60223217	1,58395242	-
2	5,1 7	1,6428726 9	0,60868989	0,37050338 5	0,8571429	0,15415 068	-1,86982471	-1,1381434	-
3	5,1 7	1,6428726 9	0,60868989	0,37050338 5	0,7857143	0,24116 206	-1,42228614	-0,8657312	-
4	5,1 7	1,6428726 9	0,60868989	0,37050338 5	0,7142857	0,33647 224	-1,08923964	0,66300916	-
5	5,1 7	1,6428726 9	0,60868989	0,37050338 5	0,6428571	0,44183 275	-0,81682386	0,49719243	-
6	5,1 7	1,6428726 9	0,60868989	0,37050338 5	0,5714286	0,55961 579	-0,58050482	0,35334742	-
7	4,6 7	1,5411590 7	0,64886229	0,42102226 8	0,5000000	0,69314 718	-0,36651292	0,23781641	-
8	4,6 7	1,5411590 7	0,64886229	0,42102226 8	0,4285714	0,84729 786	-0,16570298	0,10751842	-
9	4,6 7	1,5411590 7	0,64886229	0,42102226 8	0,3571429	1,02961 942	0,02918924	0,01893979	-
10	4,6 7	1,5411590 7	0,64886229	0,42102226 8	0,2857143	1,25276 297	0,22535149	0,14622208	-
11	4,6 7	1,5411590 7	0,64886229	0,42102226 8	0,2142857	1,54044 504	0,43207136	0,28035481	-

1	4,6	1,5411590		0,42102226		1,94591				
2	7	7	0,64886229	8	0,1428571	015	0,66572981	0,43196697	0,28028707	
1		1,8245492		0,30039230		2,63905				
3	6,2	9	0,54808056	2	0,0714286	733	0,97042178	0,53186931	0,29150723	
1		1,8245492		0,30039230		2,63905				
4	6,2	9	0,54808056	2	0,0714286	733	0,97042178	0,53186931	0,29150723	
1		1,8245492		0,30039230		2,63905				
5	6,2	9	0,54808056	2	0,0714286	733	0,97042178	0,53186931	0,29150723	
1		1,8245492		0,30039230		2,63905				
6	6,2	9	0,54808056	2	0,0714286	733	0,97042178	0,53186931	0,29150723	
1		1,8245492		0,30039230		2,63905				
7	6,2	9	0,54808056	2	0,0714286	733	0,97042178	0,53186931	0,29150723	
1		2,3025850		0,18861169		2,63905				
8	10	9	0,43429448	7	0,0714286	733	0,97042178	0,42144882	0,1830329	
1		2,3025850		0,18861169		2,63905				
9	10	9	0,43429448	7	0,0714286	733	0,97042178	0,42144882	0,1830329	
2		2,3025850		0,18861169		2,63905				
0	10	9	0,43429448	7	0,0714286	733	0,97042178	0,42144882	0,1830329	
2	5,1	1,6428726		0,37050338		2,63905				
1	7	9	0,60868989	5	0,0714286	733	0,97042178	0,59068593	0,35954455	
2	5,1	1,6428726		0,37050338		2,63905				
2	7	9	0,60868989	5	0,0714286	733	0,97042178	0,59068593	0,35954455	
2	5,1	1,6428726		0,37050338		2,63905				
3	7	9	0,60868989	5	0,0714286	733	0,97042178	0,59068593	0,35954455	
2	5,1	1,6428726		0,37050338		2,63905				
4	7	9	0,60868989	5	0,0714286	733	0,97042178	0,59068593	0,35954455	
2	5,1	1,6428726		0,37050338		2,63905				
5	7	9	0,60868989	5	0,0714286	733	0,97042178	0,59068593	0,35954455	
2	5,1	1,6428726		0,37050338		2,63905				
6	7	9	0,60868989	5	0,0714286	733	0,97042178	0,59068593	0,35954455	
2		2,3025850		0,18861169		2,63905				
7	10	9	0,43429448	7	0,0714286	733	0,97042178	0,42144882	0,1830329	
2		2,3025850		0,18861169		2,63905				
8	10	9	0,43429448	7	0,0714286	733	0,97042178	0,42144882	0,1830329	
2		2,3025850		0,18861169		2,63905				
9	10	9	0,43429448	7	0,0714286	733	0,97042178	0,42144882	0,1830329	

Nota: Se desarrollan los cálculos a partir del método de mínimos cuadrados. *Fuente: autores*

Analizados los datos se obtuvieron valores de tiempo promedio entre fallas de 8,04 días y una constante K, asociada al período de vida en el que se encuentran los equipos y el tiempo promedio entre fallas. El valor de K, para los equipos del presente estudio fue de 1.57, este valor indica que los equipos se encuentran en período de operación normal, por lo que el índice de fallas es constante.

6.3 Propuesta solución

Tomando como referencia las fallas ocurridas y estado relacionados se propone el siguiente

plan de mantenimiento preventivo, discriminando entre los equipos de frío tres familias importantes, refrigeradores y congeladores, ultracongeladores y cuartos fríos, con el fin de diferenciar las tareas de mantenimiento para cada uno, teniendo en cuenta que la taxonomía de estos equipos difiere en algunos aspectos. Se reajustan las frecuencias de inspección y se detalla que parte del sistema será inspeccionada.

Tabla 8

Propuesta de mantenimiento para refrigeradores y congeladores.

Rutina de mantenimiento preventivo refrigeradores y congeladores	Frecuencia
Limpieza general del equipo (interna y externa).	Trimestral
Verificación de fluidos refrigerantes.	Trimestral
Limpieza del condensador y filtro de aire.	Trimestral
Verificación de amperaje.	Trimestral
Revisión de gas refrigerante.	Trimestral
Revisión general del compresor.	Trimestral
Revisión general de platinos.	Trimestral
Revisión de protecciones térmicas.	Trimestral
Verificación de válvulas de alivio.	Trimestral
Verificación y limpieza sistema de iluminación.	Trimestral
Revisión general del control de temperatura.	Trimestral
Revisión general del sistema electrónico.	Trimestral
Descongelar la cámara (congeladores).	Semestral
Verificación y ajuste de sensores.	Trimestral
Verificación de la temperatura con termopar certificado.	Trimestral
Limpie y verifique estado del sello de la puerta.	Semestral
Sustituir filtro de aire.	Semestral
Limpiar y verificar estado del sello de la puerta.	Semestral
Cambio de kit de arranque.	Bienal
Sustitución de batería del sistema de control.	Trienal

Nota: Se establecen las actividades a desarrollar para congeladores y su periodicidad acorde con el análisis de la información, fuente: Autores

Tabla 9

Propuesta de mantenimiento para ultracongeladores

Rutina de mantenimiento preventivo ultracongeladores	Frecuencia
Limpieza general del equipo (interna y externa).	Cuatrimestral
Limpieza general del sistema eléctrico de temperatura y alarma.	Cuatrimestral
Verificación de fluidos refrigerantes.	Cuatrimestral
Revisión general de control de temperatura	Cuatrimestral
Revisión del sistema eléctrico incluyendo cableado, clavija, conexiones y terminales.	Cuatrimestral
Revisión general del sistema electrónico.	Cuatrimestral
Revisión general de motores ventiladores.	Cuatrimestral
Revisión general de platinos de los relevadores.	Cuatrimestral
Revisión general del compresor.	Cuatrimestral
Revisión de protecciones térmicas.	Cuatrimestral
Revisión del sistema de deshielo automático.	Cuatrimestral
Verificación y limpieza sistema de iluminación.	Cuatrimestral
Verificación y ajuste de sensores.	Cuatrimestral
Verificación de la temperatura con termopar certificado.	Cuatrimestral
Limpieza del condensador y filtro de aire.	Cuatrimestral
Sustituir filtro de aire.	Semestral
Descongelar la cámara.	Semestral
Limpie y verifique estado del sello de la puerta.	Semestral
Cambio de kit de arranque.	Bienal
Sustitución de batería del sistema de control.	Trienal

Nota: Se establecen las actividades a desarrollar para ultracongeladores y su periodicidad acorde con el análisis de la información, fuente: Autores.

Tabla 10

Propuesta de mantenimiento para cuartos fríos.

Rutina de mantenimiento preventivo cuartos fríos	Frecuencia
Limpieza general del equipo (interna y externa).	Cuatrimestral
Limpieza general del sistema eléctrico de temperatura y alarma.	Cuatrimestral
Verificación de fluidos refrigerantes.	Cuatrimestral

Limpieza del condensador y motor ventilador.	Cuatrimestral
Revisión general de control de temperatura.	Cuatrimestral
Revisión del sistema eléctrico incluyendo cableado, clavija, conexiones y terminales.	Cuatrimestral
Revisión general de motores ventiladores.	Cuatrimestral
Revisión general del compresor.	Cuatrimestral
Revisión general de platinos de los relevadores.	Cuatrimestral
Revisión de protecciones térmicas.	Cuatrimestral
Verificación y limpieza sistema de iluminación.	Cuatrimestral
Revisión del sistema de deshielo automático.	Cuatrimestral
Revisión estado drenaje.	Cuatrimestral
Revisión de válvula solenoide.	Cuatrimestral
Verificación y ajuste de sensores.	Cuatrimestral
Verificación de la temperatura con termopar certificado.	Cuatrimestral
Sustituir filtro de aire.	Semestral
Limpiar y verificar estado del sello de las puertas.	Semestral
Cambio de kit de arranque.	Bienal
Sustituir batería del sistema de control.	Trienal

Nota: Se establecen las actividades a desarrollar para cuartos fríos y su periodicidad acorde con el análisis de la información, fuente: Autores.

La elección de las técnicas de monitoreo para mantenimiento predictivo dentro de las que se tengan disponibles en la actualidad y de acuerdo con la reglamentación del INS que resulten prácticos para detectar mecanismos de falla en los componentes se requiere lo siguiente:

1. Verificar la presión atmosférica del refrigerante, para lo cual es indispensable el cambio del sensor de presión en el tanque de refrigerante. Este sensor estará conectado a un ordenador que permitirá reconocer la cantidad de refrigerante midiendo la cantidad mínima y máxima existente; creando así mismo una alerta para cuando sea requiera realizar una recarga. Para esta técnica es necesario tener un kit de recarga de refrigerante que permita mantener el

nivel de presión de refrigerante.

2. En la revisión de fugas de aire por termografía: se debe implementar una técnica que ayude a conocer cada punto frío donde exista fuga, de igual manera la obstrucción en el evaporador o condensador, sobrecalentamiento del compresor; que son ocasionadas por deterioro. Esta función se propone contratar a un externo que tenga el equipo ya que es de muy alto costo.
3. Para la detección de fugas por medio de ultrasonido activo, se debe emplear un equipo de detección de fugas por ultrasonido, el cual debe estar debidamente calibrado para las condiciones específicas del refrigerante. Este equipo registra una a una las ondas ultrasónicas que se presentan cuando hay pequeñas fugas de gases. Este servicio se debe procurar contratar a un externo que tenga el equipo ya que es de muy alto costo, adicionalmente que debe ser calibrado periódicamente.

6.3.1 Pasos para el plan de mantenimiento

- Realizar un análisis íntegro del funcionamiento de todo el sistema al cual se le efectuará el mantenimiento donde se evaluara su comportamiento, cada uno de los equipos, procedimientos en la fabricación y conservación de las muestras del instituto nacional de salud.
- Generar un estudio completo de las fichas técnicas para de cada uno de los equipos que se requieren, con el fin de dar a conocer cada una de sus especificaciones incluyendo la capacidad de refrigeración, fabricante, metros cuadrados del lugar, los modelos correspondientes a la unidad interna y externa (evaporadora y condensadora), tipo de

refrigerante, entre otras. Es indispensable conocer a cabalidad la hoja de vida con sus respectivas intervenciones, cambios de partes, mantenimientos programados, reparaciones y actividades en general.

- Se debe garantizar que se genere un análisis completo de todos los componentes externos que influyen en el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado y así mismo lograr identificar cuales pueden afectar el buen desempeño como la ubicación, presión, ingreso de aire, los rayos del sol, el tamaño del cuarto a refrigerar, cantidad de materiales, estantes y en general productos que puedan disminuir la capacidad de enfriamiento.
- Registrar una lista de actividades para realizar el mantenimiento como limpieza de filtros, de las unidades evaporadora y condensadora, acometidas eléctricas, partes mecánicas y lubricación.
- Se debe crear un cronograma de actividades de acuerdo al kilometraje llevando a cabo el cumplimiento de este en su totalidad en el tiempo que corresponda.
- Por medio de la inspección visual detectar fallas, analizando en especial aquellas partes que normalmente se desgastan por el uso frecuente de los equipos y de esta manera programar la corrección, el tiempo, mano de obra y los insumos requeridos para completar la reparación.
- Se realizan capacitaciones técnicas, operarias y normatividad establecidas por la empresa de acuerdo con las máquinas específicas las cuales deben ser designadas a un especialista con base a su conocimiento y quien a su vez se hará cargo y será la responsable de su mantenimiento.

- Llevar a cabo cada uno de los procedimientos de reparación en horarios que no afecten la productividad del instituto, cumpliendo todas las normas de seguridad, ambientales y siguiendo el protocolo según sea el caso de reparación ya sea para instalar partes, ajustes mecánicos asegurando que la reparación se complete con éxito.
- El proceso de limpieza que en muchos casos no se le da la importancia es una de las actividades más relevantes que se debe exigir a los diferentes técnicos. Por lo cual se hace necesario mantener limpios los serpentines de las unidades evaporadoras y condensadora como también los filtros purificadores (estos últimos pueden ser efectuados por operarios). Los compresores son el corazón del ciclo de refrigeración. Por ello, se programan revisiones periódicas en esta parte analizando su capacidad de funcionamiento, compresión de refrigerante, presiones, estado de las borneras, lubricación y buen estado en la instalación eléctrica.

7 Impactos esperados/generados

Los impactos que se esperan a futuro de acuerdo a las actividades propuestas son los siguientes:

- Se proyecta que se logre la disminución del número de fallas, y así mismo, se debe garantizar la mejora al plan de mantenimiento debe garantizar la operación de los equipos de frío, aumentando la disponibilidad de los mismos, se espera que esta propuesta mejore los índices de disponibilidad de los equipos.
- Se espera un incremento en la mejorar los tiempos de respuesta del Grupo Equipos de Laboratorio a las solicitudes de atención a correctivos, teniendo en cuenta que, al disminuir el número de fallas, se incrementa la disponibilidad de los técnicos de mantenimiento.
- Se proyecta que los costos asociados al mantenimiento correctivo disminuyan, toda vez que, de acuerdo al

estudio el elemento que mayor cantidad de fallas presenta, es el repuesto de mayor valor económico, por lo que, al disminuir las fallas, se disminuirán los tiempos de reemplazo de estos componentes.

8 Análisis financiero

De acuerdo con la propuesta de mantenimiento diseñada, se puede evidenciar que, al disminuir los intervalos de frecuencia de los mantenimientos preventivos de una intervención anual a tres intervenciones al año, se logra una reducción en el costo del mantenimiento correctivo del 38.62%.

En la siguiente tabla se comparan los costos del plan de mantenimiento actual frente al que se propone en el desarrollo de este documento.

Tabla 11

Costos plan de mantenimiento inicial VS propuesto.

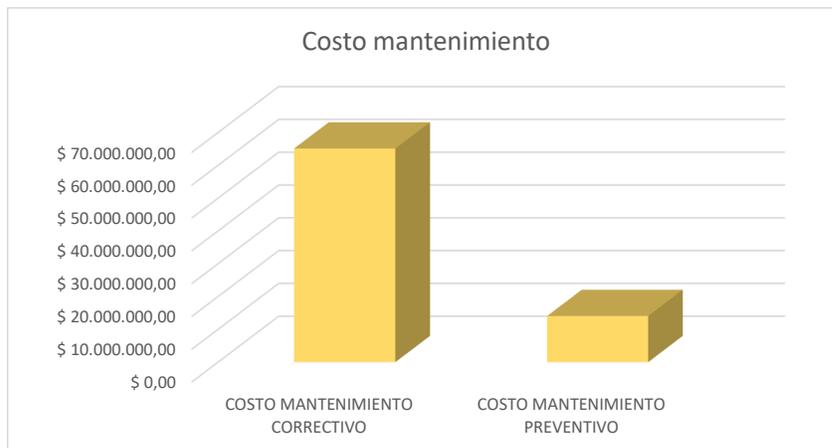
PLAN DE MANTENIMIENTO	CANTIDAD DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	COSTO ESTIMADO CORRECTIVOS	COSTO TOTAL	PORCENTAJE DE INVERSIÓN
INICIAL	1	\$ 520.000	\$ 2.411.449	\$ 2.931.449	100%
PROPUESTA	3	\$ 1.560.000	\$ 239.257	\$ 1.799.257	61,38 %

Nota: Se calcula el costo actual vs el propuesto para el mantenimiento de los activos; fuente: autores

Se analizó el histórico de costos de los correctivos del primer semestre de 2019, encontrando registro de compra de repuestos por valor de \$65.109.119, para 27 equipos, el costo del mantenimiento preventivo de esos 27 equipos para ese mismo período analizado fue de \$14.00.000, por lo que es claro que, alrededor del 21 % de los recursos son no planificados, lo que dificulta la consecución de recursos al presentarse el imprevisto, afectando los tiempos de respuesta en la resolución de la falla reportada.

Ilustración 4

Plan de mantenimiento basado en correctivos VS Plan de mantenimiento basado en preventivos



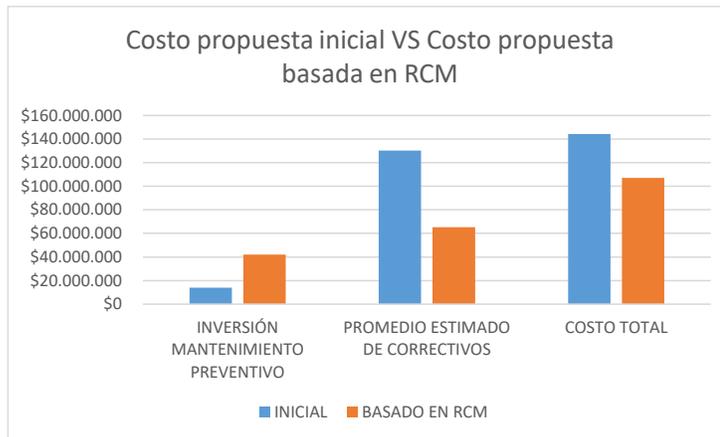
Nota: Pareamiento del costo de mantenimiento correctivo vs preventivo deja ver la oportunidad de reducción de costo existente para la organización: fuente: los autores.

Si este panorama se contempla a un año, la inversión estimada en servicios de mantenimiento preventivo para los 27 equipos caso estudio, sería de cuarenta y dos millones de pesos colombianos (\$42.000.000 COP), es posible generar ahorros por el 55% anual, es decir ahorros por veintitrés millones de pesos colombianos (\$23.000.000 COP), solo para los equipos del caso estudio. Si se da alcanza a todos los equipos de refrigeración del instituto (alrededor de 200 equipos), se podría llegar a obtener ahorros por encima de los ciento cincuenta millones de pesos colombianos (\$150.000.000 COP) anuales.

Es así, como el retorno de la inversión anual será del 55 %, el retorno de la inversión está sujeto al cumplimiento disciplinado y riguroso de la propuesta de mantenimiento planteada.

Ilustración 5

Costo anual propuesta inicial VS Costo anual propuesta basada en RCM



Nota: Se hace una comparación del mantenimiento actual vs los resultados proyectado con la implementación del RCM; Fuente: Autores

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

- Analizada la información recopilada, es claro que el número de fallas que se presentan a los equipos del caso estudio, se deben en su gran mayoría a la frecuencia con que se tiene definidas actualmente las actividades de mantenimiento preventivo, los resultados arrojaron daños en los componentes más críticos y más costosos de estos equipo, por lo que es claro que, reduciendo la periodicidad de las frecuencias de mantenimiento preventivo se reduciría el número de fallas y se extendería la vida útil tanto del equipo como de sus componentes.
- La implementación de la propuesta diseñada para el Instituto Nacional de Salud, le permitirá al Grupo Equipos de Laboratorio planificar mejor su presupuesto.
- Esta propuesta da solución a la problemática identificada en los equipos de frío del INS, disminuyendo el número de fallas y aumentando la disponibilidad de los equipos, cumpliendo así con la misión del Grupo Equipos de Laboratorio de atender oportuna y eficientemente los requerimientos de mantenimiento y

garantizar el funcionamiento continuo de los equipos.

9.2 Recomendaciones

- Extender la implementación de la propuesta de mantenimiento a los demás equipos de frío de los otros 23 laboratorios del Instituto Nacional de Salud.
- Se sugiere la adquisición de un software que permita almacenar los registros del plan de mantenimiento con el fin de que sea más fácil su seguimiento y evaluación.
- Generar estrategias de capacitación y socialización a los usuarios de los equipos acerca del cuidado, limpieza y registros de temperatura con el fin de generar adherencia del usuario a la propuesta de mantenimiento implementada, ya que su papel es tan importante como el de la parte técnica en el buen funcionamiento de los equipos.

10 Bibliografía

- Cardona, F. (2020). *Formulación de Plan de Mantenimiento Basado en RCM para Bombas De Vacío del Hospital Universitario San Vicente Fundación.*
- Carreño, Z., & Rotavista, J. (2019). *Diseño de plan de mantenimiento basado en RCM para el equipo de mayor criticidad en la planta premezcladora CIFA, CEMEX Bello - Antioquia.*
- Castrillón, & Gallego. (2019). *Diseño de un plan de mantenimiento basado en la filosofía RCM para los equipos de la empresa JONLEY S.A.S.*
- Fornés, R., Ochoa, L., Cano, A., & Gonzalez, E. (2016). *Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el área de laboratorios de una Institución de Educación Superior.*
- Giancarlo, T. (2016). *Diseño del sistema de gestión de mantenimiento para equipo de refrigeración y aire acondicionado en poulton ingeniería.* Obtenido de <https://docplayer.es/124467930-Facultad-de-ingenieria.html>
- Instituto Nacional de Salud. (2020). Historia de Equipos de laboratorio 11614. Bogotá.
- Instituto Politécnico Nacional. (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.*
- Orbezo, & Natividad. (2020). *INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.*
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Manual Mantenimiento para Equipo de Laboratorio.* Washington D. C.
- Ortiz, J. D. (2018). *Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad en los equipos del Laboratorio de Salud Pública de Risaralda.*

- Pesantez, A. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empaadora de camarón.*
- Pico, W. (2020). *Protocolo para mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas refrigeración de los cuartos de control de la refinera de Barrancabermeja.*
- Quispe, L. (2018). *Análisis del proceso de mantenimiento de los equipos de las cámaras frigoríficas de la empresa florícola JOSARFLOR S.A. y su incidencia en el costo de operación.*
- Rendón, A. (2019). *Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeración en cuartos fríos.*
- Rincón, L. (2019). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL PARA EQUIPOS DEREFRIGERACIÓN Y AIRES ACONDICIONADOS CON LA EMPRESA KRYOTEC SERVICIOS S.A.S. EN BUCARAMANGA – SANTANDER.*
- Roldán, I. (2016). *Análisis de datos requeridos para la medición de KPI para la gestión integrada de mantenimiento y suministros de acuerdo al estándar internacional.*
- Bejarano Clavijo, L. E., & Fernández Bueno, A. C. (2015). *Modelo de optimización para el mantenimiento proactivo de los equipos para la producción de leche U.H.T de la Cooperativa Colanta S.A. basado en RCM.* Universidad Libre de Colombia.
- Bejarano, L. (2013). *Intercambiadores de Calor.* <https://tecno2aulavirtual.blogspot.com/2013/>
- Duran Giraldo, A. E., Arias Perez, D. E., & León Ramírez, L. E. (2016). *Propuesta de plan de mantenimiento en sistemas de aire acondicionado: caso sector automotriz* (Vol. 147).
- Huari Marín, G. A. (2016). *Control de calidad fisicoquímico y microbiológico en el Centro Nacional de control de Calidad del Instituto Nacional de Salud periodo enero - diciembre 2015.* <https://library.co/document/wq28lv6q-control-fisicoquimico-microbiologico-nacional-control-instituto-nacional-diciembre.html>
- Jimbo Robles, C. N., & Sellán Quiñónez, H. R. (2013). *Análisis de los factores que inciden en las paradas imprevistas de las maquinarias y vehículos y su incidencia en la productividad del taller de mecánica automotriz del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del*

Cantón. Universidad Estatal de Milagro.

- Ministerio de Salud. (2020). *Instituto Nacional de Salud de Perú*. 169.
<https://web.ins.gob.pe/index.php/en/node/169>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). *ABECÉ sobre medicamentos biotecnológicos*.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/abc-biomedicamentos.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Manual Buenas Prácticas De Almacenamiento. Bodega Zona Franca Del Ministerio De Salud Y Protección Social*.
- Parra, A. (2016). *Políticas de mantenimiento*. I.U.P “Santiago Marino” Puerto.
- Rodríguez Montoya, N. (2014). *Diseño de un modelo de plan de mantenimiento industrial basado en confiabilidad, para las Mipymes del sector lácteo ubicadas en la localidad de Engativá de la ciudad de Bogotá D.C.* [Universidad Libre].
http://wfa.ust.hk/women_matter_asia_files/Women_Matter_Asia.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2014.01.052%0Ahttps://www.mckinsey.com/featured-insights/leadership/the-leadership-journey-of-abraham-lincoln?cid=other-eml-alt-mkq-mck-oth-1805&hlkid=145b6955e
- Romero Noboa, H. B. (2014). *Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los laboratorios del área térmica, oleohidráulica, neumática y física de la Facultad de Mecánica*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Salud, O. P. de la. (2005). *Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio*.
- Sánchez, A. M. F. (2015). *Sobre la forma de garantizar la trazabilidad metrológica en los sistemas hospitalarios* [Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales].
<http://oa.upm.es/39522/>
- Sarmiento Gómez, D. J., Moreno Reyes, D. F., Rodríguez Villareal, E. G., Zhuma Zambrano, R. D., & Salas Jiménez, Í. B. (2015). *El deterioro de los camiones recolectores de basura y los tipos de mantenimientos existentes para alargar su tiempo de vida útil*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.