

**MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DE LA CRUZ  
ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER**

**DIEGO FERNANDO SIERRA BLANCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2021**

**MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DE LA CRUZ  
ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER**

**DIEGO FERNANDO SIERRA BLANCO**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: ARIEL RENÉ CARREÑO OLEJUA  
Dr. Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2021**

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por ser mi guía y brindarme licencia para la realización de mi proyecto de vida. A mi familia, por enseñarme a que el ser persona es el pilar fundamental de todas nuestras acciones. A mis docentes, por apoyar mi proceso formativo. Al Sr. presidente de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, Ariel René Carreño, por la confianza que ha depositado en mí y brindarme la oportunidad de realizar este proyecto en la institución. A la Cruz Roja, por brindarme la oportunidad de creer.*

*“Al abuelo, quien se fue y no me vio en concierto.”*

## CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN .....	12
1 OBJETIVOS .....	13
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.1 HISTORIA DE LA CRUZ ROJA COLOMBIANA .....	15
2.2 MISIÓN.....	18
2.3 VISIÓN .....	18
2.4 PLAN ACTUAL PARA MANTENIMIENTO DE ACTIVOS.....	18
2.4.1 Mantenimiento de Equipos de área, laboratorio, salud y vehículos.....	19
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	21
3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.....	21
3.2 MANTENIMIENTO.....	23
3.2.1 Mantenimiento Correctivo. ....	24
3.2.2 Mantenimiento Preventivo. ....	25
3.2.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	26
3.2.4 Implementación de la Metodología RCM.....	27
3.3 FALLAS FUNCIONALES.....	33
3.4 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS.....	34
3.5 INDICADORES EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .....	34

3.5.1 Disponibilidad.....	35
3.5.2 Confiabilidad.....	35
3.5.3 Mantenibilidad.....	36
4 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE MEJORA BASADA EN RCM PARA VEHÍCULOS, SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y EQUIPO BIOMÉDICO..	37
4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS DONDE SE PROPONE APLICAR LA METODOLOGÍA RCM.....	38
4.1.1 Modelo para la evaluación de criticidad basado en costo y disponibilidad de activos.....	38
4.2 EQUIPO DE TRABAJO.....	39
4.3 CLASIFICACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR.....	40
4.3.1 Plan de mantenimiento de vehículos actual.....	42
4.4 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	42
4.4.1 Plan de mantenimiento de aires acondicionados actual.....	44
4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS.....	44
4.5.1 Plan de mantenimiento de equipo biomédico actual.....	47
4.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	49
4.6.1 Cálculo de criticidad.....	49
4.7 AMFE.....	51
5 ANALISIS DE RESULTADOS.....	54
5.1 VEHÍCULOS.....	54
5.2 AIRES ACONDICIONADOS.....	59
5.3 EQUIPOS BIOMÉDICOS.....	63
5.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y CONSECUENCIA.....	64
6 RECOMENDACIONES.....	65

7 CONCLUSIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	72

## LISTA DE IMÁGENES

	Pag.
Imagen 1. Emblema de la Cruz Roja Colombiana .....	17
Imagen 2. Patrones de falla .....	22
Imagen 3. Tipos de Mantenimiento Preventivo .....	25
Imagen 4. Diagrama de decisión Metodología RCM.....	30
Imagen 5. Metodología de proceso.....	37
Imagen 6. Modelo de Análisis de Criticidad .....	38
Imagen 7. Matriz de Criticidad .....	39
Imagen 8. Programación de Aires acondicionados.....	44
Imagen 9. Programación equipos biomédicos .....	48
Imagen 10. Matriz de criticidad .....	51
Imagen 11. Matriz de riesgo.....	52
Imagen 12. Pareto de Criticidad de costo en ambulancias .....	54
Imagen 13. Pareto de costo de mantenimiento de Ambulancias .....	55
Imagen 14. Porcentaje de costos de mantenimiento correctivos en Ambulancias	56
Imagen 15. Pareto de Criticidad de Vehículos .....	57
Imagen 16. Porcentaje de costos de Mantenimiento Vehículos.....	58
Imagen 17. Disponibilidad de Flota Vehicular .....	59
Imagen 18. Pareto de Costo de Aires Acondicionados.....	60
Imagen 19. Costo mantenimiento de aires acondicionados.....	61
Imagen 20. Mantenimientos Correctivos por año.....	62

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Consecuencias de Fallas .....	28
Tabla 2. Proceso de Planificación para la Metodología RCM .....	31
Tabla 3. Vehículos Cruz Roja Colombiana Seccional Santander .....	40
Tabla 4. Vehículos Red de Socorro Nacional .....	42
Tabla 5. Equipos del sistema de aire acondicionado .....	43
Tabla 6. Equipos biomédicos .....	45
Tabla 7. Factores de frecuencia y consecuencia para la criticidad. ....	49
Tabla 8. Disponibilidad de Aires Acondicionados .....	62

## LISTADO DE ANEXOS

	Pag.
Anexo a. Programa de mantenimiento de vehículo KBM909.....	72
Anexo b. Programa de mantenimiento de vehículo KBM909.....	73
Anexo c. Programa de mantenimiento de vehículo KKV 058 .....	74
Anexo d. Programa de mantenimiento de vehículo KAZ 857 .....	75
Anexo e. Programa de mantenimiento de vehículo HDK 818.....	76
Anexo f. Programa de mantenimiento vehículo RAX 034 .....	77
Anexo g. Programa de mantenimiento de vehículo DDD 582.....	78
Anexo h. Programa de mantenimiento de vehículo RKK 832 .....	79
Anexo i. Programa de mantenimiento de vehículo KKV 478 .....	80
Anexo j. Programa de mantenimiento de vehículo KKW 010 .....	81
Anexo k. Programa de mantenimiento de vehículo HWN 468 .....	82
Anexo l. Programa de mantenimiento de vehículo HDP 064 .....	83
Anexo m. Programa de mantenimiento de vehículo MTO 588 .....	84
Anexo n. Programa de mantenimiento de vehículo MTO 595 .....	85
Anexo o. Programa de mantenimiento de vehículo MTS 058.....	86
Anexo p. Programa de mantenimiento de vehículo DKZ 638 .....	87
Anexo q. Programa de mantenimiento de vehículo ZXU 371 .....	88
Anexo r. Programa de mantenimiento de vehículo DUO 032 .....	89
Anexo s. Programa de mantenimiento de vehículo OLO 289 .....	90
Anexo t. Programa de mantenimiento de vehículo IWX 543.....	91
Anexo u. Programa de mantenimiento de vehículo GHO 849 .....	92
Anexo v. Plan de mantenimiento de vehículo GHP 202 .....	93
Anexo w. Programa de mantenimiento vehículo KKY 511.....	94
Anexo x. matriz de riesgo y consecuencia.....	95
Anexo y. AMEF .....	97
Anexo z. Tarjetas .....	98

## RESUMEN

**TÍTULO:** MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE ACTIVOS DE LA CRUZ ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER\*

**AUTOR:** DIEGO FERNANDO SIERRA BLANCO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Control, Criticidad, Mantenimiento, RCM.

**DESCRIPCIÓN:**

La Cruz Roja Colombiana Seccional Santander es una institución privada, sin ánimo de lucro, auxiliar de los poderes públicos, dedicada a desarrollar acciones humanitarias mediante Agrupaciones de Voluntariado y Proyectos de intervención social y comunitaria, así como ofrecer servicios de salud IPS y un Instituto de Educación enfocado en áreas de salud.

El presente proyecto contempla el desarrollo de una estrategia de mejora enfocada en la metodología RCM para el mantenimiento de los activos de la flota vehicular, aires acondicionados y equipo biomédico de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander Sede Bucaramanga, elaborada con el objetivo de aumentar la disponibilidad y la calidad en el servicio de la empresa.

Los datos obtenidos fueron extraídos en su totalidad de los archivos disponibles del área de mantenimiento, así como de la plataforma de mantenimiento digital en implementación. El análisis se llevará a cabo en la flota vehicular (ambulancias y vehículos de transporte de personal), equipos de aire acondicionados y equipo biomédico de las instalaciones (el equipo biomédico de las ambulancias no está contemplado en el presente proyecto). El objetivo principal de este estudio es implementar una serie de mejoras al plan de mantenimiento actual, utilizando la metodología RCM, con el fin de incrementar la disponibilidad de los equipos y reducir las operaciones de mantenimiento correctivas.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Dr. Ariel René Carreño Olejua.

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPROVEMENT OF THE SANTANDER SECTIONAL COLOMBIAN RED CROSS ASSET MAINTENANCE PLAN\*

**AUTHOR:** DIEGO FERNANDO SIERRA BLANCO\*\*

**KEY WORDS:** Control, Criticality, Maintenance, RCM.

**DESCRIPTION:**

Santander Colombian Red Cross Section is a private, non-profit institution, auxiliary to the public powers, dedicated to developing humanitarian actions through Volunteer Groups and social and community intervention projects, as well as offering IPS health services and an Institute of Education focused on health areas.

This project contemplates the development of an improvement strategy focused on the RCM methodology for the maintenance of the assets of the vehicle fleet, air conditioners and biomedical equipment of the Colombian Red Cross Sectional Santander Headquarters Bucaramanga, developed with the aim of increasing availability and the quality of the company's service.

The data obtained was extracted in its entirety from the files available in the maintenance area, as well as from the digital maintenance platform being implemented. The analysis will be carried out on the vehicle fleet (ambulances and personnel transport vehicles), air conditioning equipment and biomedical equipment of the facilities (the biomedical equipment of the ambulances is not contemplated in this project). The main objective of this study is to implement a series of improvements to the current maintenance plan, using the RCM methodology, in order to increase the availability of the equipment and reduce corrective maintenance operations.

---

\* Degree work.

\*\* Faculty of Physicalmechanics Engineerings. School of Mechanical Engineering. Director: Dr. Ariel René Carreño Olejua.

## INTRODUCCIÓN

La Cruz Roja Colombiana Seccional Santander es una institución privada, sin ánimo de lucro, auxiliar de los poderes públicos, dedicada a desarrollar acciones humanitarias mediante Agrupaciones de Voluntariado y Proyectos de intervención social y comunitaria, así como ofrecer servicios de salud IPS y un Instituto de Educación enfocado en áreas de salud.

A pesar que la empresa se encuentra certificada en ISO 14001 e ISO 45001, la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, únicamente dentro de su plan de mantenimiento implementa un registro de los mantenimientos preventivos del parque automotor y sus activos, dejando a un lado la posibilidad de realizar procesos de mejora y análisis de los malos actores que se involucran en el área de mantenimiento, generando sobrecostos con la aparición de tareas de mantenimiento correctivas.

En consecuencia, este seguimiento es manejado por personal que carece de ciertos conocimientos técnicos y teóricos, que podrían brindar soluciones efectivas enfocadas en la disponibilidad y repercutiendo en una disminución de los costos.

No obstante, la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander desea implementar mejoras en su programa de mantenimiento, de cara a las auditorías, para continuar prestando un servicio de alta calidad a la comunidad en general. Por tanto, surge la necesidad de modificar el plan de mantenimiento actual, actualizar el control de mantenimiento existente y llevar el seguimiento del mismo a su parque automotor, sistema de aire acondicionado y equipos biomédicos.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL.**

Implementar un plan de mantenimiento basado en condición para los activos del parque automotor, sistema de aire acondicionado y equipo biomédico de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Recopilar la información y realizar una base de datos de los equipos pertenecientes a la empresa.
2. Realizar el análisis de criticidad enfocado en el costo y disponibilidad de los activos, encontrando oportunidades de mejora del plan de mantenimiento actual.
3. Implementar un sistema de registro unificado para tareas de mantenimiento proactivas.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Cruz Roja Colombiana Seccional Santander es una institución privada y sin ánimo de lucro. Humanitaria, imparcial, neutral e independiente, de carácter voluntario, que desarrolla acciones humanitarias y se financia mediante la prestación de servicios propios, convenios de cooperación, proyectos y donaciones, cuya misión es salvar vidas, prevenir y aliviar el sufrimiento humano en todas las circunstancias fortaleciendo las capacidades comunitarias, promoviendo la cultura de paz, la inclusión social, la salud, la gestión del riesgo de desastres, adaptación al cambio climático, la educación, los derechos humanos y el derecho internacional humanitario; con el compromiso y el espíritu humanitario de los voluntarios bajo los Principios Fundamentales y Valores de la Institución.

Durante la creación del sistema de gestión de la Seccional nace el área de mantenimiento. A pesar de no contar con un equipo de mantenimiento especializado, la implementación de este se basó en el seguimiento de acciones preventivas a sus activos, en especial a su parque automotor, el sistema de aires acondicionados y los equipos biomédicos. Sin embargo, este proceso se ha convertido en el seguimiento de acciones correctivas con poca supervisión.

A la actualidad, la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander pretende implementar procesos de mejora en el área de mantenimiento, para encontrar puntos de inflexión enfocados en oportunidades de mejora para aumentar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos de mantenimiento correctivos.

El presente proyecto busca realizar un análisis del plan de mantenimiento preventivo actual, e implementar una metodología para establecer de manera correcta los

malos actores y patrones de fala que puedan afectar la disponibilidad de los equipos, manteniendo un control sobre la gestión de activos.

En consecuencia, se ha dividido el área de mantenimiento a analizar en tres partes, donde se pueda analizar las oportunidades de mejora de una manera clara para cada uno de los tipos de mantenimientos de los activos involucrados.

## **2.1 HISTORIA DE LA CRUZ ROJA COLOMBIANA**

La historia de la Cruz Roja Colombiana, no lejos de los inicios de la existencia del Comité Internacional de la Cruz Roja – CICR y las Sociedades Nacionales, marcó su destino con el primer asomo de esperanza en medio de la batalla de Palonegro (Santander) llevada a cabo entre el 11 y el 25 de mayo de 1900, durante la Guerra de los Mil Días, cuando un puñado de médicos liderados por el Doctor Putnam y con unas improvisadas ambulancias en forma de carruaje de cuatro ruedas haladas por dos caballos cada una y en sus costados pintados dos cuadrados sobre fondo blanco y en cada uno una cruz roja con cinco cuadrados en señal de protección, abrazaron la misión de asistir a los cientos de heridos que quedaban a lo largo del campo de batalla, sin importar su afiliación política. Este hecho puesto años más tarde ante la asamblea de la Sociedad Médica reunida en la ciudad de Medellín en 1913, marcando el inicio de la tarea de fundar en Colombia la Cruz Roja.

Impulsada la idea por los Doctores Adriano Perdomo e Hipólito Machado nació oficialmente el 30 de julio de 1915 en el Teatro Colón de Bogotá, bajo el postulado de que “todos somos seres humanos” y la afirmación de que en nuestra patria también es necesaria la existencia de una organización dedicada a “prevenir y aliviar los horrores de la guerra”, formada a imagen y semejanza de la Institución de ayuda

más extensa del mundo, participe de los mismos principios de humanidad, neutralidad e imparcialidad, nutricios de la originada en Suiza.<sup>1</sup>

En 1965, el Doctor Mario Acevedo Díaz junto a un grupo de personas distinguidas en la sociedad Bumanguesa inician las labores en el puesto de socorro ubicado en Hospital Ramón González Valencia, impulsando el nacimiento de las Agrupaciones de Damas Grises y Juventud.

En la década de los 70 se dieron importantes pasos para el desarrollo de la Seccional, la consolidación del puesto de socorro, el nacimiento de la agrupación de Socorrismo, la apertura de la Unidad Municipal de Barrancabermeja, y el inicio del Torneo de Golf Banderita.

La apertura de una sede propia en 1983 fue el inicio de una maravillosa década, donde se logró el fortalecimiento de los servicios de salud, el banco de sangre y el vertiginoso crecimiento del voluntariado, el inicio de las brigadas educativas en Bucaramanga, y los programas de atención comunitaria de las Damas Grises.

En los años 90, se impulsó la creación de nuevos grupos en Málaga, San Gil y Vélez, se fortalecieron las acciones con población vulnerable afectada por el conflicto armado, a través de proyectos de cooperación internacional. La primera década del nuevo milenio, permitió iniciar una reestructuración administrativa que generó estabilidad y permitió desarrollar el impacto de la labor humanitaria.

En el último lustro, la Seccional ha potenciado su desarrollo organizacional, logrando importantes avances en infraestructura con la adquisición de nuevas

---

<sup>1</sup> SOCIEDAD NACIONAL DE LA CRUZ ROJA COLOMBIANA. Historia de la Cruz Roja Colombiana [en línea]. Disponible en internet: <https://www.cruzrojacolombiana.org/la-cruz-roja-en-colombia/>

sedes en Málaga y Barrancabermeja, así como la modernización de su parque automotor y gran parte de sus equipos de respuesta. Tener hoy en día la certificación bajo la norma ISO de los sistemas de gestión en Calidad, Medio Ambiente, Salud y Seguridad en el Trabajo, nos permiten proyectar una imagen de responsabilidad, sostenibilidad y seriedad.

El desarrollo de nuevas formas de voluntariado, la búsqueda de programas con mayor impacto en las necesidades de los vulnerables, la modernización de infraestructura para Bucaramanga y San Gil, y la consolidación del Instituto de Educación para el Trabajo, se constituyen en retos inmensos, que la Seccional afrontará con el apoyo de sus miembros, y toda la sociedad santandereana, porque cuando usted contrata los servicios de la Cruz Roja, apoya nuestra misión humanitaria.<sup>2</sup>

*Imagen 1. Emblema de la Cruz Roja Colombiana*



---

<sup>2</sup> CRUZ ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER. Historia de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander [en línea]. Disponible en: <http://www.cruzrojasantander.org/nuestra-institucion/historia/>

## **2.2 MISIÓN**

Salvar vidas, prevenir y aliviar el sufrimiento humano en todas las circunstancias fortaleciendo las capacidades comunitarias, promoviendo una cultura de paz, la inclusión social, la salud, la gestión del riesgo de desastres, adaptación al cambio climático, la educación, los derechos humanos y el derecho internacional humanitario; con el compromiso y el espíritu humanitario de los voluntarios bajo los Principios y Valores de la Institución.

## **2.3 VISIÓN**

En el 2020 la Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana será una Institución humanitaria, incluyente y sostenible, que trabaja en red, con excelencia e innovación, reconocida en el país y en el Movimiento Internacional de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, por su contribución a una cultura de la paz y la reconciliación, al fomento de la resiliencia en los más vulnerables y al respeto y promoción de los derechos humanos y del derecho internacional humanitario.

## **2.4 PLAN ACTUAL PARA MANTENIMIENTO DE ACTIVOS**

El plan de mantenimiento actual que se maneja en la Seccional Santander a grandes rasgos establece una metodología para la conservación y reparación de sus activos y garantizar su correcto funcionamiento, teniendo en cuenta la seguridad del personal, protección al medio ambiente y propiciar un buen ambiente de trabajo para garantizar un desarrollo eficaz en las actividades asistenciales.

**2.4.1 Mantenimiento de Equipos de área, laboratorio, salud y vehículos.** Para estos equipos, el responsable del área de servicios reporta al responsable de Mantenimientos las fallas que estos presenten, así como los requerimientos de mantenimiento cuando sea necesario.

Se realizará mantenimiento preventivo cada cuatro meses y correctivo cuando se requiera a los equipos y herramientas de trabajo como computadores, impresoras y fotocopidora. Para cada uno de ellos se lleva un registro de mantenimiento en el formato de F-MC-IN-09 plan de mantenimiento preventivo de equipos, recursos e insumos y se controla su existencia y distribución en el formato F-MC-IN-04 Listado de Equipos e instrumentos.

Se hará mantenimiento de los equipos de laboratorio y de servicios médicos con una frecuencia anual en el caso de mantenimientos preventivos y correctivos una vez se presenten, según el plan de mantenimiento F-MC-IN-09.

Con relación a los vehículos institucionales se le hará mantenimiento preventivo según los programas establecidos para cada vehículo, ver F-MC-VE-09, o bien si es correctivo, una vez se presente la necesidad.

Se deberá solicitar al proveedor un reporte de las actividades de mantenimiento realizadas al equipo con el objetivo de tener un historial de su mantenimiento. Estos reportes deben estar a resguardo del responsable de mantenimientos.

Cuando las actividades de mantenimiento o reparación sean realizadas por personal externo a la organización (proveedores o subcontratistas), estos deberán

gestionar y retirar sus materiales y residuos peligrosos y no peligrosos que se utilicen durante el desarrollo de estas actividades.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> DEPARTAMENTO SIG. Cruz Roja Colombiana Seccional Santander. Mantenimiento de infraestructura, vehículos y ambiente de trabajo. 2017.

### **3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **3.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO**

Durante el desarrollo de las industrias más grandes del mundo en la primera mitad del siglo XX, no se contemplaba el mantenimiento de sus equipos como algo importante, de modo que el estado de las fábricas y sus equipos no tenían demasiada importancia. Esto significa que se tenía la idea de que “en una máquina todo marcha bien hasta que se quiebra una pieza”, ya que estas máquinas funcionaban con una simplicidad asombrosa y esto lo hacía fácil de reparar.

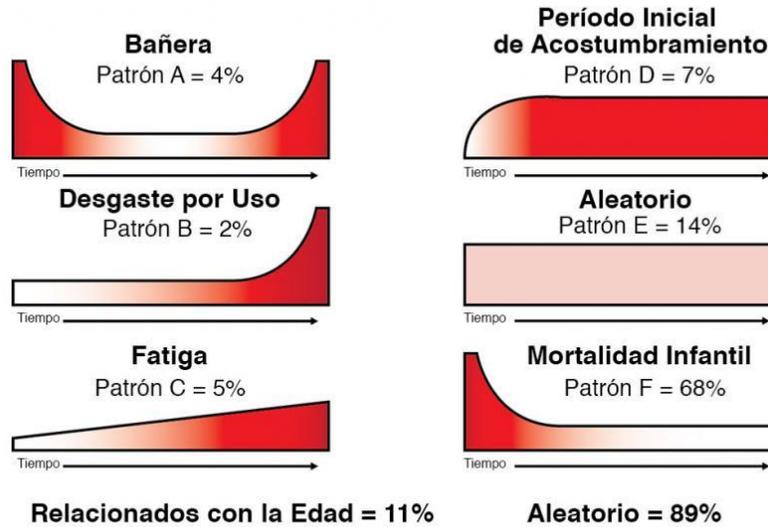
Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, debido a la escasez de mano de obra o insumos en algunos países, los industriales debieron ingeniarse una nueva forma de operar sus fábricas mediante máquinas más complejas y mano de obra más calificada. Esto trajo consigo varios desafíos, ya que estas máquinas no eran tan duraderas como las que se usaban veinte años atrás, y surgió la necesidad de identificar las piezas y elementos que significaban una disminución en la capacidad de producción o, en su defecto, de frenarla por tiempos en su mayoría, indeterminados.

La solución más factible consistía en realizar cambios a estas piezas o elementos a intervalos de tiempo preestablecidos según la experiencia de los operarios, es decir, un proceso de reacondicionamiento de estos equipos.

Con la llegada de la carrera espacial y el entusiasmo de una temprana globalización, los tiempos de inactividad de los equipos cobraron una gran importancia, aunado a nacientes estándares de calidad y de producción, las industrias realizaban inversiones cada vez más altas para automatizar sus procesos y mantener altos estándares de calidad. Estas inversiones en mantenimiento dieron como resultado

el descubrimiento de las formas en que una pieza o en elemento de una máquina deja de funcionar. Ver imagen 2.

*Imagen 2. Patrones de falla*



4

Con la llegada del nuevo milenio, las industrias volcaron sus inversiones en no sólo conocer el momento y la forma en que sus equipos van a fallar, sino en poder controlar el proceso de falla mediante técnicas de predicción y de gestión de activos. Todo esto es posible gracias a sistemas computarizados que usan modelos matemáticos con el propósito de mantener la disponibilidad y la calidad de los equipos.

<sup>4</sup> MOUBRAY, J. Reliability Centered Maintenance. Industrial Press Inc. Pag. 9.

## 3.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la actividad cuya aplicación permite preservar el estado de un objeto o proceso, para que este pueda cumplir el o los objetivos para los cuales fue ideado. Cabe resaltar que, dentro del concepto de mantenimiento para preservar es objeto o proceso se concibe el hecho de modificar o cambiar algún aspecto de este.

En otras palabras, mantenimiento es el conjunto de acciones, operaciones y actitudes encaminadas a poner o reestablecer un bien a un estado específico, que le permitan asegurar un servicio determinado.<sup>567</sup>

La gestión del mantenimiento también contribuye a la rentabilidad de la empresa mediante la reducción de los costos totales, que comprenden:

- Costo de tiempo de inactividad – Pérdida de costos de producción.
- Costos de material de mantenimiento.
- Costos de mano de obra de mantenimiento.

El mantenimiento contribuye a optimizar y prolongar su uso efectivo para las actividades de producción, mejorando así la producción, y por lo tanto, las ventas y las ganancias.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> MOUBRAY, J. Reliability Centered Maintenance. Industrial Press Inc. Pag. 11

<sup>6</sup> BORRÁS, C. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Pag. 15

<sup>7</sup> GONZALES, C. Principios de Mantenimiento. 2020.

<sup>8</sup> SALDIVIA, F. El Mantenimiento Preventivo. Universidad Industrial de Santander. 2020.

**3.2.1 Mantenimiento Correctivo.** Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan de forma súbita o esperada. La diferencia de estos eventos radica en que la reparación de la falla esperada se realiza inmediatamente después de reemplazarse; para esto, el departamento de mantenimiento debe contar con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios. Todo lo anterior debe adaptarse a las necesidades de la producción.<sup>9</sup>

Esta adaptación a las necesidades de la producción es clave en el cumplimiento de las labores de mantenimiento correctivas, ya que las tareas correctivas se programan cuando la producción es baja o nula. No es lo mismo realizar una tarea correctiva si el fallo genera una parada sorpresiva del activo a realizar una tarea correctiva cuando el fallo no deja al activo fuera de servicio.

El mantenimiento correctivo tiene algunas justificaciones, algunas de ellas son:

- Si el equipo no se halla en una línea o punto crítico del proceso y no ocasiona serios trastornos a la producción o al mantenimiento.
- El equipo se halla en estado de obsolescencia o desuso.
- Es fácilmente costeable un nuevo equipo.

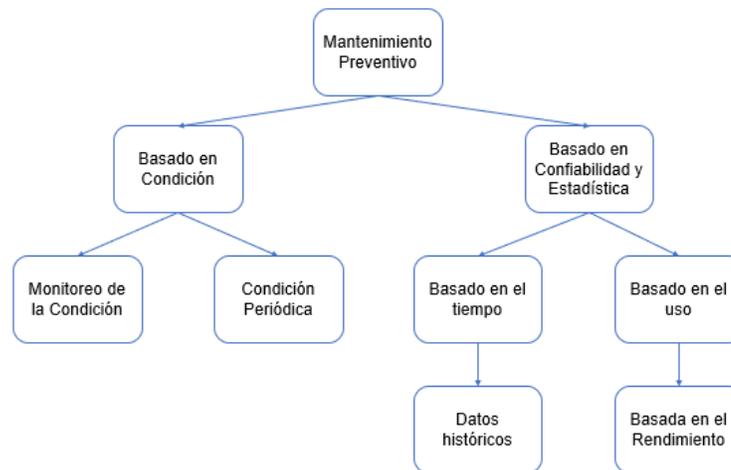
---

<sup>9</sup> RENOVETEC, «Mantenimiento Correctivo,» Organización y Gestión de la Reparación de Averías, p. 7.

Sin embargo, estas justificaciones deben revisarse periódicamente hasta comprobarse que efectivamente el paro imprevisto de este equipo no ocasiona trastornos graves a la producción.<sup>10</sup>

**3.2.2 Mantenimiento Preventivo.** El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre un activo fijo y sus componentes con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados que puedan ocasionar circunstancialmente paradas en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.<sup>11</sup>

*Imagen 3. Tipos de Mantenimiento Preventivo<sup>12</sup>*



<sup>10</sup> BORRÁS, C. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Pag. 58.

<sup>11</sup> SIERRA, G. «Programa de Mantenimiento Preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.» Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander, 2004, p. 14.

<sup>12</sup> SALDIVIA, F. El Mantenimiento Preventivo. Universidad Industrial de Santander. 2020.

La imagen 3 muestra los tipos de mantenimiento preventivo que existen. El mantenimiento basado en condición centra sus decisiones en el diagnóstico de los equipos y en actuar en ellos sólo si hay signos de degradación de un elemento que requiere una acción: limpieza, ajuste, lubricación, reacondicionamiento o sustitución.<sup>13</sup>

**3.2.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.** El RCM consiste en un procedimiento metodológico general para mantener algún activo físico, tal como estructuras, conductores, entre otros. Se fundamenta en el hecho de que todo activo es puesto en funcionamiento porque se espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. Los requerimientos de los usuarios dependen de dónde y cómo se utilice el activo, conocido como el contexto operacional.<sup>1415</sup>

El objetivo básico de cualquier gestión en mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costes, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional, en otras palabras, funciones para las cuales fueron diseñados.<sup>16</sup>

Esta metodología, plantea realizar las siguientes siete preguntas acerca del equipo o sistema en revisión:

---

<sup>13</sup> INSTITUTO RENOVETEC. Revista de Ingeniería de Mantenimiento No. 10. Mantenimiento Basado en Condición. 2018.

<sup>14</sup> AUGUS, J. RCM Guidebook: Building a Reliable Plan Maintenance Program. PennWell Corporation. 2004.

<sup>15</sup> MOUBRAY, J. Reliability Centered Maintenance. Second Edition. Industrial Press. 1997.

<sup>16</sup> CASTAÑEDA, J. Estrategia para mejoras y eliminación de malos actores de las plantas del departamento de operaciones y mantenimiento del área norte de la Vit-Ecopetrol. Universidad Industrial de Santander. 2013.

*¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?*

*¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?*

*¿Qué ocasiona cada falla funcional?*

*¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?*

*¿De qué modo afecta cada falla?*

*¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?*

*¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?<sup>17</sup>*

**3.2.4 Implementación de la Metodología RCM.** Antes de iniciar con los análisis de un proceso de interés, es necesario determinar la función o las funciones que un equipo o sistema requiere para su funcionamiento deseado y los estándares de desempeño deseados.

Para que ese equipo o sistema deje de funcionar se requiere que exista algún tipo de falla. Debido a esto, se debe identificar cuáles fueron las circunstancias que produjeron este fallo y una vez identificada la falla, se procede a encontrar las situaciones causantes de ese estado de falla <sup>1819</sup>. Estos eventos se conocen como modos de falla. A lo largo de los años, se han estandarizado varias fallas, que se

---

<sup>17</sup> RUEDA H. y PARDO, G. Evaluación y optimización de la estrategia actual de mantenimiento de turbinas de vapor de la planta de aromáticos de Ecopetrol S.A., Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2010.

<sup>18</sup> LEÓN, L. Mejoramiento de la gestión de repuestos para el mantenimiento de los equipos de la Gerencia Regional del Magdalena Medio Ecopetrol S.A. Corporación CIMA, Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2013.

<sup>19</sup> RODRIGUEZ, J. Evaluación, análisis y propuesta de optimización de la estrategia de mantenimiento de turbinas de propósito general del departamento de refinación de crudos de GRB para la empresa Ecopetrol S.A., Universidad Industrial de Santander.

relacionan al deterioro o el uso y desgaste normal de piezas o elementos<sup>20</sup>. Sin embargo, también se pueden incluir fallas causadas a errores humanos o defectos en el diseño o fabricación de estas piezas o elementos.

El siguiente paso implica identificar los efectos de las fallas, que describen lo que sucede cuando se presentan estas fallas, incluyendo la evidencia de la falla, los riesgos o amenazas para la seguridad y el medioambiente y, por último, el procedimiento requerido para reparar la falla.

La metodología RCM tiene en cuenta las consecuencias de las fallas presentadas y las clasifica como más importantes que las características técnicas de las fallas, reconociendo que no es evitar las fallas en sí, sino evitar o mitigar las consecuencias que conllevan.

A continuación, la tabla 1 muestra las consecuencias de las fallas según la metodología RCM.

*Tabla 1. Consecuencias de Fallas*

Consecuencias de las Fallas	
Ocultas	No causan un impacto directo, pero exponen a la empresa a fallas múltiples, con consecuencias serias y frecuentemente catastróficas
Medioambientales y de Seguridad	Riesgo potencial de daño o muerte. Incurrir en violaciones a cualquier norma

<sup>20</sup> NOWLAN, F. y et all, Reliability Centered Maintenance. Department of Commerce., 1978.

	medioambiental corporativa, regional, nacional o internacional
Operativas	Afecta la producción en su rendimiento, calidad, servicio al cliente o costos operativos
No Operativas	Sólo implican el costo de la reparación

Una vez identificadas los modos, efectos y consecuencias de cada falla que se pueda llegar a presentar, se definen las acciones que se deben tomar para manejar las fallas, ya que no podemos garantizar que alguna falla que se presentase nunca vuelva a ocurrir. En este punto existen dos soluciones.

La primera solución se conoce como tarea proactiva, las cuales se llevan a cabo antes de que la falla ocurra, con el objetivo que la pieza o elemento llegue a un estado de falla y abarcan las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo. Aunque, en algunas ocasiones no es posible identificar una tarea proactiva. En estas situaciones se emplean “las acciones a falta de”, que incluyen procedimientos de búsqueda de fallas, rediseño y mantenimiento a rotura<sup>21</sup>. Para esto, es necesario construir un diagrama de decisión, en el cual se determina cuál técnica es factible en el contexto operacional dado para el equipo o sistema. Todo esto, analizado tomando como punto de referencia las consecuencias de las fallas en la empresa.

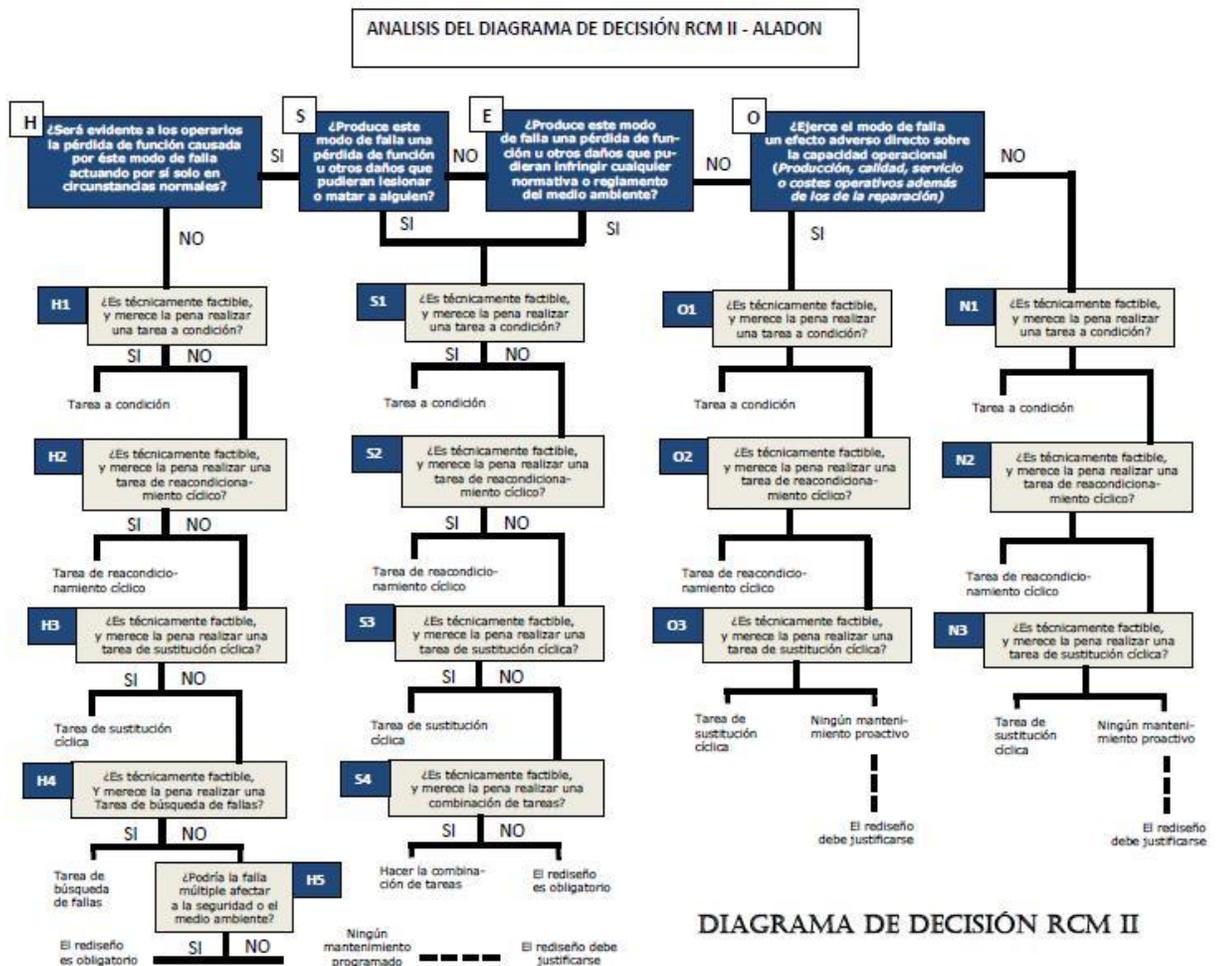
Esta información debe ser consignada en la hoja de decisión, donde se aprecia el código de la falla, las consecuencias que puede tener, la actividad de mantenimiento

---

<sup>21</sup> ARZUAGA, J. Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en la flota de equipos de oruga D11N de la empresa minera Drummond Ltda. Universidad Industrial de Santander. 2011.

propuesta, su frecuencia y quién la realizará <sup>22</sup>. La imagen 2 muestra un diagrama de decisión que responde a unas preguntas específicas de gran utilidad para el personal encargado de realizar un mantenimiento basado en confiabilidad.

Imagen 4. Diagrama de decisión Metodología RCM<sup>23</sup>



<sup>22</sup> MENDOZA, K. SALAS, Y. Diseño del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos del taller de máquinas del departamento de mantenimiento de la GRB Ecopetrol S.A. Universidad Industrial de Santander. 2014.

<sup>23</sup> MOUBRAY J. RCM Reliability Centered Maintenance. Industrial Press Inc. 1997.

La aplicación formal del proceso de RCM finaliza con planillas de decisión completas. Esto especifica un número de tareas de rutina que necesitan ser realizadas a intervalos regulares para asegurar que el equipo o sistema continúa cumpliendo con las funciones que los usuarios esperan, conjuntamente con las acciones de default que deben llevarse a cabo si no se pudiera encontrar una tarea de rutina apropiada. Los elementos claves para este proceso de planificación se enlistan en la tabla 2.<sup>24</sup>

Tabla 2. Proceso de Planificación para la Metodología RCM

Proceso de Planificación para la Metodología RCM	
Decidir qué equipos son los que obtendrán un mayor beneficio del proceso RCM, y cómo exactamente se verán beneficiados	Criticidad de equipos
Evaluar los recursos necesarios para aplicar el proceso a los equipos seleccionados	Relación costo beneficio
En los casos donde los posibles beneficios justifican la inversión, decidir detalladamente quién llevará a cabo el proceso y quién auditará cada análisis, dónde y	Selección de equipos

<sup>24</sup> FAJARDO, L. MARTÍNEZ, F. Propuesta para la implementación del plan de mantenimiento basado en RCM, para la nueva planta de inyección de agua PIA3 de la superintendencia de operaciones La Cira Infantas de la Gerencia Regional del Magdalena Medio Ecopetrol S.A. Universidad Industrial de Santander. 2013.

cómo, y hacer todos los arreglos para que reciban el entrenamiento necesario

Asegurar que el contexto operativo del bien, se entienda con claridad      Seguimiento y control de los resultados

---

El costo de esta metodología depende del criterio en la selección de los equipos a analizar, las condiciones de trabajo (Demanda de uso, sobrecarga, etc.), número de operaciones de mantenimiento (Calidad, frecuencia, herramientas, horas hombre) y de las políticas de renovación que adopte la empresa sobre los equipos.

Esto se lleva a cabo mediante un análisis de criticidad, que en esencia separa las piezas o elementos que se consideran indispensables para el adecuado funcionamiento de un sistema. La clasificación de una pieza o elemento como “crítico” exige asignar tareas de mantenimiento de alta jerarquía que permita minimizar sus posibles causas de fallas <sup>2526</sup>. Los principales criterios para evaluar la criticidad de una pieza o elemento son:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función de respaldo)
- Efecto en la capacidad de producción
- Efecto en la calidad de producto
- Efecto en la seguridad, higiene y ambiente

---

<sup>25</sup> RUIZ, F. BONNET J. Plan de mantenimiento genérico basado en confiabilidad para motogeneradores eléctricos diesel con potencia menor a 500 kW de la superintendencia de operaciones del río Ecopetrol S.A. Universidad Industrial de Santander. 2012.

<sup>26</sup> PLATA, V. Diagnóstico de maquinaria pesada, equipo menor y vehículos de transporte para el desarrollo de un plan de mantenimiento en la constructora VC Ltda. Universidad Industrial de Santander. 2009.

- Costos de paradas y de mantenimiento
- Frecuencia de fallas y confiabilidad
- Condiciones de operación
- Accesibilidad para inspección y mantenimiento
- Requerimientos de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

Ahora bien, La efectividad de esta metodología se reducirá si no se aplican las rutinas del programa de mantenimiento que se definan, realizar reparaciones de dudosa calidad en aras de reducir costos, no disponer del personal calificado para realizar el plan de mantenimiento a cabalidad o en su defecto, dejar tareas pendientes en la orden de trabajo, no definir indicadores de mantenimiento, ir en contravía a lo estipulado en los procedimientos diseñados por el fabricante y utilizar herramientas que no son las adecuadas para realizar reparaciones <sup>27</sup>.

### **3.3 FALLAS FUNCIONALES**

Se define falla como la incapacidad de un activo de cumplir con las funciones que el usuario espera que esta realice. Teniendo en cuenta que una de esas funciones puede fallar, todo activo puede sufrir una variedad de distintos estados de falla. Sin embargo, para la completar la definición de falla, es necesario analizar más específicamente la el nivel de desempeño del activo.

Una falla no necesariamente hace que el activo o proceso se vea damnificado en su totalidad. De acuerdo a lo anterior, varios autores y expertos han definido el concepto de falla funcional como la incapacidad de todo activo de cumplir una

---

<sup>27</sup> PERALTA, M. Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado, Universidad Industrial de Santander. 2011.

función a un nivel de desempeño aceptable por el usuario, si se establece un límite entre un desempeño satisfactorio y una falla<sup>28</sup>.

### **3.4 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS**

Un modo de falla podemos definirlo como la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función. A cada modo de falla le corresponde una acción de prevención, en otras palabras, en una tarea de mantenimiento.

Los efectos de la falla son considerados como la forma en la que la falla se manifiesta, es decir, como se ve perturbado el sistema ante la falla del equipo o del activo, ya sea local o en otra parte del sistema. Generalmente estas manifestaciones pueden ser un aumento o disminución de nivel, de temperatura, activación de señales, alarmas o dispositivos de seguridad, entre otras.

Para el caso de las consecuencias, éstas son referidas a los impactos derivados de la falla en los diversos receptores de interés. Se consideran las consecuencias a la seguridad de las personas, medio ambiente y producción.<sup>29</sup>

### **3.5 INDICADORES EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

Para el control en la gestión del mantenimiento se relacionan tres indicadores básicos: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

---

<sup>28</sup> MOUBRAY, J. RCM Reliability Centered Maintenance. Industrial Press Inc. 1997. Pag, 46

<sup>29</sup> AGUILAR, J. TORRES, R. MAGAÑA, D. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales.

**3.5.1 Disponibilidad.** La disponibilidad de un equipo es el tiempo total durante el cual el equipo está operando conforme al nivel de desempeño deseado, sumado al tiempo estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un periodo de tiempo. La disponibilidad se define en términos matemáticos, mediante el índice de disponibilidad, como la probabilidad de que un equipo o sistema sea operable satisfactoriamente a lo largo de un período de tiempo dado.<sup>30</sup>

$$\text{disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total} - \text{Tiempo fuera de servicio}}{\text{Tiempo total}}$$

**3.5.2 Confiabilidad.** La confiabilidad se define como la probabilidad de que un sistema llevará a cabo su función de manera satisfactoria durante un periodo de tiempo específico en condiciones establecidas. Por lo general, se expresa como un porcentaje y se mide por el tiempo entre fallos. Mientras el número de fallas de un determinado equipo vaya en aumento o mientras el tiempo medio entre fallas MTBF de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor.<sup>31</sup>

El MTBF se calcula dividiendo el tiempo total de funcionamiento del equipo por el número de fallos sobre el cierto período de tiempo.

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Número total de fallas}}$$

---

<sup>30</sup> GONZÁLES, F. Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Fundación Confemetal Editorial. Pag. 51.

<sup>31</sup> GULATI, R. Maintenance and Reliability Best Practices. P. 129.

**3.5.3 Mantenibilidad.** Es una característica inherente de sistema o diseño de producto que se refiere a la facilidad, precisión, seguridad y economía en el desempeño de las tareas de mantenimiento. Un activo o sistema se diseña de manera que pueda mantenerse sin grandes inversiones de tiempo, con el mínimo coste, con un impacto mínimo sobre el medio ambiente, y con unos recursos mínimos de gasto.

El parámetro para calcular la mantenibilidad lo constituye el tiempo medio de reparación de las fallas MTTR. Cuando el MTTR de un determinado equipo es alto, se dice que el equipo tiene una baja mantenibilidad. En caso contrario, si el tiempo medio de reparación de las fallas de un determinado activo es bajo, se dice que el equipo tiene una alta mantenibilidad.<sup>32</sup>

El MTTR se mide de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de reparación}}{\textit{Número total de reparaciones}}$$

---

<sup>32</sup> GULATI, R. Maintenance and Reliability Best Practices. P. 128.

#### 4 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE MEJORA BASADA EN RCM PARA VEHÍCULOS, SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y EQUIPO BIOMÉDICO

Para el desarrollo de la estrategia de mejora basada en RCM a aplicar en los vehículos, sistema de aire acondicionado y equipo biomédico, se propone el siguiente modelo.

Imagen 5. Metodología de proceso<sup>33</sup>

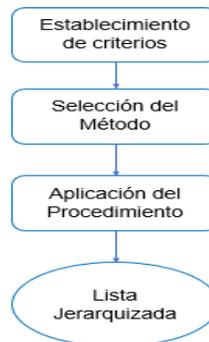


<sup>33</sup> SALDIVIA, F. El Mantenimiento Preventivo. Universidad Industrial de Santander.

## 4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS DONDE SE PROPONE APLICAR LA METODOLOGÍA RCM

**4.1.1 Modelo para la evaluación de criticidad basado en costo y disponibilidad de activos.** Para la selección del objeto de estudio, se realizó un análisis de Criticidad. El objetivo del análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable<sup>34</sup>. Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como el producto entre la frecuencia y la consecuencia de eventos o fallas que se puedan presentar y la consecuencia está referida con el impacto operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. El establecimiento de los criterios se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Finalmente, una lista jerarquizada es el resultado que se obtiene del análisis.<sup>35</sup>

*Imagen 6. Modelo de Análisis de Criticidad*



---

<sup>34</sup> MENDOZA, R. El análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. 2001. Pag. 12.

<sup>35</sup> RAMÍREZ, J. MORENO, H. Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas SAE JA1011 y SAE JA1012. Universidad Francisco José de Caldas. 2017. Pag. 25.

Para determinar la criticidad se utiliza una matriz, donde la frecuencia de la falla se ubica en el eje horizontal y la consecuencia en el eje vertical, como se muestra en la imagen 7.

Imagen 7. Matriz de Criticidad<sup>36</sup>



Una vez realizado el análisis de criticidad para los vehículos, sistema de aire acondicionado y equipo biomédico, se establece los activos a analizar, iniciando con los activos declarados Críticos, seguido de los de Mediana Criticidad y, por último, los no Críticos. En este orden, se deberán asignar los recursos del departamento de mantenimiento.

#### 4.2 EQUIPO DE TRABAJO

Finalizado el análisis de criticidad y definido los activos a enfocarse en cuanto a su mantenimiento, se debe conformar un equipo de trabajo para RCM, constituido por personas con distintas funciones dentro de la institución, las cuales son los

<sup>36</sup> SAE. International JA1012. A Guide to the Reliability Centered Maintenance RCM Standard.2002.

responsables de responder las siete preguntas claves del RCM. Las personas encargadas y sus funciones se mencionan a continuación.

- **Operaciones.** Estas personas deben conocer los equipos y su funcionamiento dentro de la institución. En el caso del sistema de aires acondicionados, el usuario sería la persona designada para esta función.
- **Mantenimiento.** Para este rol, se designa a la persona encargada del mantenimiento de la planta física y su personal a cargo.
- **Programador.** Es el encargado de agendar las actividades y operaciones de mantenimiento que se realicen.
- **HSE.** Es la persona encargada de vigilar los riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, etc.

### 4.3 CLASIFICACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

En cumplimiento de los objetivos propuestos para el presente proyecto, se realiza una clasificación del parque automotor y un análisis de criticidad de estos activos, indicando unas sugerencias y estrategias de mejora a partir de las mismas.

A continuación, se mencionan los activos del parque automotor de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander.

*Tabla 3. Vehículos Cruz Roja Colombiana Seccional Santander*

VEHICULOS DE LA CRC SECCIONAL SANTANDER								
COD	MAT	MARCA	REF	CAR	MODEL	T	COM	UBICACIÓN
2701	KAZ 857	Chevrolet	Luv D Max	Ambulancia	2009	4x4	Diesel	Bucaramanga

2702	KBM 909	Chevrolet	Luv D Max	Ambulancia	2010	4x4	Diesel	Barrancabermeja
2704	MTO 588	Volkswagen	Amarok Fleetline	Doble Cabina	2012	4x4	Diesel	Bucaramanga
2705	DDD 582	Nissan	Frontier	Ambulancia	2009	4x4	Diesel	Barrancabermeja
2706	KKW 010	Renault	Master FG	Ambulancia	2011	4x2	Diesel	Capa
2708	KKU 058	Chevrolet	Luv D Max	Ambulancia	2011	4x4	Diesel	Llanito
2709	KKV 478	Renault	Master FG	Ambulancia	2011	4x2	Diesel	Bucaramanga
2710	MTO 595	Volkswagen	Amarok Fleetline	Doble Cabina	2012	4x4	Diesel	Bucaramanga
2711	HWN 468	Chevrolet	Luv D Max	Ambulancia	2015	4x4	Diesel	Provincia
2713	KAZ 759	Chevrolet	Luv Dmax	Ambulancia	2009	4x4	Diesel	Bucaramanga
2714	MTS 058	Volkswagen	Amarok Fleetline	Doble Cabina	2013	4x4	Diesel	Barrancabermeja
2715	GHO 849	Nissan	Frontier	Ambulancia	2020	4X4	Diesel	Bucaramanga
2716	GHP 202	Nissan	NP300 Frontier	Ambulancia	2020	4X4	Diesel	Barrancabermeja
2721	HDK 818	Chevrolet	Luv D Max	Ambulancia	2013	4x4	Diesel	Cira Infantas
2722	DKZ 638	Mazda	BT 50	Doble Cabina	2012	4x4	Diesel	Bucaramanga
2723	HDP 064	Chevrolet	Luv D Max	Ambulancia	2014	4x4	Diesel	Isla VI
2712	DUO 032	Nissan	NP300 Frontier	Ambulancia	2018	4x4	Diesel	Barrancabermeja
2720	OLO 289	Nissan	Frontier	Doble Cabina	2019	4x4	Diesel	Yondó
	KKY 511	Chevrolet	Aveo	Automovil	2012	4x2	Gasolina	Provincia
2703	ZXU 371	Toyota	Land Cruiser	Doble Cabina	2003	4x4	Diesel	Bucaramanga

Adicional a esto, la institución cuenta con una flota de vehículos de la red de transportes de Socorro Nacional.

*Tabla 4. Vehículos Red de Socorro Nacional*

VEHICULOS DE LA RED DE TRANSPORTES DEL SOCORRO NACIONAL									
	COD	MAT	MARCA	REF	CARR	MODEL	T	COM	UBICACIÓN
1	119	RAX 034	Nissan	Frontier	Doble Cabina	2010	4x4	Diesel	Málaga
2	76	IWX 543	Nissan	Frontier	Doble Cabina	2016	4X4	Diesel	Bucaramanga
3	188	GBU 679	Mercedes	Sprinter	Buseta	2019	4X2	Diesel	Bucaramanga
4	48	JML 825	Nissan	Frontier	Doble Cabina	2021	4X4	Diesel	Bucaramanga
5	72	RKK 832	Toyota	Land Cruiser	Cabinado	2006	4x4	Gasolina	Barrancabermeja
6	134	RDW 086	Chevrolet	Luv Dmax	Ambulancia	2011	4x4	Diesel	Cantagallo

Estos vehículos están a cargo de la Seccional Santander, de los cuales algunos vehículos y ambulancias prestan su servicio en lugares fijos por tiempo determinado.

**4.3.1 Plan de mantenimiento de vehículos actual.** Así como se menciona en la sección 1.5 del presente proyecto, el plan de mantenimiento contemplado por la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, se basa en un plan de mantenimiento preventivo diseñado en base al kilometraje de los vehículos, en donde se limita la inspección y el reemplazo de ciertos componentes.

La programación de los mantenimientos preventivos de los vehículos se muestra en el Anexo 1.

#### **4.4 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO**

Para el caso del sistema de aire acondicionado de la Institución, se enlista a continuación los equipos pertenecientes a esos sistemas y su ubicación dentro de las instalaciones.

*Tabla 5. Equipos del sistema de aire acondicionado*

<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>UBICACIÓN</b>
LG	Mini Split	Observación
LG	Mini Split	Vacunación
LG	Mini Split	Salud Ocupacional
LG	Mini Split	Visiometría
LG	Dual inverter	Laboratorio
LG	Dual inverter	Salón Multipropósito
LG	Mini Split	Presidencia
LG	Dual Cool	Comunicaciones
LG	Mini Split	Contabilidad
LG	Mini Split	Damas Grises
LG	Dual inverter	Innovación
LG	Dual inverter	Gestión Humanitaria
LG	Dual inverter	Proyectos
LG	Dual Inverter	Prácticas
LG	Dual inverter	Salón 2
LG	Mini Split	Salón 2
LG	Dual inverter	Educación
LG	Mini Split	TICS
LG	Dual inverter	Salón 3
LG	Dual inverter	Salón 4
LG	Dual inverter	Salón 5
LG	Mini Split	Auditorio
LG	Mini Split	Auditorio
SAMSUNG	Split Inverter	Dirección Ejecutiva

Cabe resaltar que los equipos de Observación, Vacunación, Salud Ocupacional, Visiometría, Laboratorio y Salón multipropósito están ubicados en la primera planta, mientras que los equipos restantes están ubicados en la segunda planta.

**4.4.1 Plan de mantenimiento de aires acondicionados actual.** A diferencia del parque automotor, la programación de los mantenimientos de aires acondicionados se realiza una vez al año normalmente, o cada que se requiere. Como se muestra en la imagen 8, en los meses de Julio-Agosto se realiza la cotización de los mantenimientos de los aires acondicionados. Durante las dos últimas semanas de Septiembre se escoge los proveedores y en los meses de Noviembre y Diciembre se realizan los trabajos de mantenimiento. Es en estos meses donde hay menos afluencia de usuarios y personal laboral en las instalaciones.

Imagen 8. Programación de Aires acondicionados.

Fecha de Actualización:		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE OFICINA Y BIOMEDICOS												Código: F-GR-IN-05																																									
		ÁREA O PROYECTO:												Version: 02																																									
		CRUZ ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER												Fecha: 12/04/2016																																									
AREA	EQUIPO	MES	DICIEMBRE 2020				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				RESP.
		FREC:	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
PRIMER PISO	AIRE ACONDICIONADO LG SALA OBSERVACION	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG MINI SPLIT VACUNACION	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG CONSULTORIO SALUD OCUP	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG VISIOMETRIA	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG INVERTER LABORATORIO	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG DUAL INVERTER SALON MULTIFUNCIONAL	12																																																					
SEGUNDO PISO	AIRE ACONDICIONADO LG PRESIDENCIA	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG AREA DEL BAK	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG CONTABILIDAD	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG OFICINA DAMAS GRISES	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG INVERTER OFICINA INNOVACION	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG GESTION HEMANTARA	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG DUAL INVERTER OFICINA PROYECTOS	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALON PRACTICAS	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG INVERTER SALON DOS	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALON DOS	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG INVERTER OFICINA EDUCACION	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALA TICS	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALON 3	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALON 4	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALON 5	12																																																					
	AIRE ACONDICIONADO LG SALON CARMEN SOFIA	12																																																					
AIRE ACONDICIONADO LG SALON CARMEN SOFIA	12																																																						
AIRE ACONDICIONADO LG DIRECCION EJECUTIVA	12																																																						

#### 4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS BIOMÉDICOS

De la misma manera que en el apartado anterior, se enlistan los equipos biomédicos pertenecientes al laboratorio clínico, procedimientos, vacunación, consulta externa, SIAU y ginecología.

*Tabla 6. Equipos biomédicos*

<b>NOMBRE</b>	<b>MARCA</b>	<b>LUGAR</b>
Equipo Hematología	Mindray	Laboratorio Clínico
Analizador de Química	Human	Laboratorio Clínico
Equipo Química	Mindray	Laboratorio Clínico
Centrífuga	Clay Adams INV0809	Laboratorio Clínico
Centrífuga	Clay Adams INV0834	Laboratorio Clínico
Centrífuga	Clay Adams INV 0808	Laboratorio Clínico
Monitor de signos vitales	EDAN	Procedimientos
Nevera horizontal	NA	Vacunación
Lector de Placas de Elisa	Mindray	Laboratorio Clínico
Autoclave	NA	Laboratorio Clínico
Incubadora	NA	Laboratorio Clínico
Agitador	Manzzinni	Laboratorio Clínico
Lavador de Elisa	Mindray	Laboratorio Clínico
Electrocardiógrafo	EDAN	Procedimientos
Equipo de órganos	Welch Allyn	Consulta Externa
Desionizador	NA	Laboratorio Clínico
Audiómetro	Amplivox	Audiometría
Refrigerador	Westell	Laboratorio Clínico
Refrigerador	Phillips	Laboratorio Clínico
Microscopio	Olympus	Laboratorio Clínico
Microscopio	Olympus	Laboratorio Clínico
Baño Serológico	Memmert	Laboratorio Clínico
Bascula con tallímetro	Healthometer	Ginecología
Mezclador de Células	Mindray	Laboratorio Clínico
Equipo de órganos portátil	Schiller	Procedimientos
Horno	Haceb	Laboratorio Clínico
Fonendoscopio	Welch Allyn	Consulta Externa
Fonendoscopio	Welch Allyn	Procedimientos
Fonendoscopio	Welch Allyn	SIAU
Destilador de Agua	NA	Laboratorio Clínico
Silla de ruedas	NA	Procedimientos
Aspirador de secreciones	Thomas	Procedimientos

Laringoscopio	Welch Allyn	Procedimientos
Termómetro de Penetración	TYCOS	Laboratorio Clínico
Termómetro de punzón	TYCOS	Vacunación
Bascula digital	Detecto	Consulta Externa
Tensiómetro digital pediátrico	LORD	Consulta Externa
Micropipeta 05-10	BOECO	Laboratorio Clínico
Micropipeta 100-1000	BOECO	Laboratorio Clínico
Micropipeta 200-1000	BOECO	Laboratorio Clínico
Micropipeta 10-100	BOECO	Laboratorio Clínico
Micropipeta 10-100	BOECO	Laboratorio Clínico
Doppler fetal	EDAN	Procedimientos
Nebulizador	NA	Procedimientos
Tensiómetro digital adulto	LORD	Procedimientos
Otoscopio	GMD	Procedimientos
Bascula Mecánica	Kenwell	Procedimientos
Oxímetro de pulso	Mindray	Procedimientos
Tensiómetro manual	LORD	Consulta Externa
Tensiómetro adulto	GMD	Procedimientos
Tensiómetro	Bokang	SIAU
Termohigrómetro	NA	Laboratorio Clínico
Termohigrómetro	NA	Vacunación
Termómetro	Alla France	Laboratorio Clínico
Termómetro	Biotemp	Laboratorio Clínico

Dentro de este proyecto no se ha contemplado los equipos biomédicos que se encuentran dispuestos en las ambulancias y vehículos, así como los activos de oficina e infraestructura que posee la Seccional Santander.

**4.5.1 Plan de mantenimiento de equipo biomédico actual.** Similar a los aires acondicionados, los mantenimientos de equipos biomédicos son programados en el mes de Junio. En el mes de Julio se escoge al proveedor de las tareas de mantenimiento, y estas son ejecutadas en el mes de agosto, en miras a tener los equipos en condiciones óptimas para septiembre, que es el mes en donde hay más afluencia de usuarios. La imagen 9 se muestra la programación de los mantenimientos preventivos que se realizan a los equipos biomédicos.

Imagen 9. Programación equipos biomédicos

		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE OFICINA Y BIOMEDICOS												Código: F-GR-IN-05																												
Fecha de Actualización:		ÁREA O PROYECTO:												CRUZ ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER																												
AREA	EQUIPO	MES	DICIEMBRE 2019			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			dic-20			RESP.
			FREC.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
VACUNACION	Nevera horizontal	12																																								
	Termometro de punzon	12																																								
	Termihigrometro	12																																								
PROCEDIMENT	Electrocardiografo	12																																								
	Nebulizador	12																																								
	Tensiometro digital adulto	12																																								
	Bascula Mecanica	12																																								
	Doppler fetal	12																																								
	laringoscopio	12																																								
	Equipo de organos portatil	12																																								
	Tensiometro adulto	12																																								
	Aspirador de secreciones	12																																								
	Monitor de signos vitales	12																																								
	Otoscopio	12																																								
	Silla de ruedas	12																																								
	Odmetro de pulzo	12																																								
Fonendoscopio	12																																									
GINECOLOGIA	Bascula con tallimetro	12																																								
LABORATORIO CLINICO	EQUIPO QUIMICA MINDRAY	12																																								
	NEVERA WESTELL	12																																								
	NEVERA PHILIPS	12																																								
	ANALIZADOR DE QUIMICA	12																																								
	MICROSCOPIO OLYMPUS	12																																								
	AGITADOR MANZZINI	12																																								
	INCLUBADORA	12																																								
	LAVADOR DE ELISA	12																																								
	BAÑO SEROLOGICO	12																																								
	LECTOR DE PLACAS DE ELISA	12																																								
	DESTILADOR DE AGUA	12																																								
	PIPETA 05 - 10	12																																								
	MICROPIPETA 10 - 100	12																																								
	MICROPIPETA 10-100	12																																								
	MICROPIPETA 100-1000	12																																								
	MICROPIPETA 200-1000	12																																								
	MICROSCOPIO OLYMPUS	12																																								
	TERMOMETRO	12																																								
	TERMOHIDROMETRO	12																																								
	TERMOMETRO DE PENERTACION	12																																								
	EQUIPO HEMATOLOGIA	6																																								
	HORNO HACEB	12																																								
	MEZCLADOR DE CELULAS	12																																								
NTRIFUGA CLAY ADAMS INV08	12																																									
SE NTRIFUGA CLAY ADAMS 083																																										
AUTOCLAVE	12																																									
NTRIFUGA CLAY ADAMS INV 08	12																																									
DESIONIZADOR	12																																									
INDICADOR DE TEMPERATURA	12																																									
CONSULTA EXTERNA	Tensiometro manual	12																																								
	Fonendoscopio	12																																								
	Bascula digital	12																																								
	Tensiometro digital pediátrico	12																																								
SIAU	Equipo de organos	12																																								
	Tensiometro	12																																								
	Fonendoscopio	12																																								

## 4.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

A partir de las clasificaciones realizada para el parque automotor, el sistema de aire acondicionado y los equipos biomédicos, se procede a realizar el análisis de los activos de mayor criticidad teniendo en cuenta las labores de mantenimiento actuales.

**4.6.1 Cálculo de criticidad.** Para hallar la criticidad de los activos se toma como referencia las normas ISO JA1011 e ISO JA1012, y se establecen los factores de frecuencia y consecuencias asociados a los impactos operacionales, costos de mantenimiento, seguridad e impacto ambiental. La tabla 8 muestra los factores y se le asigna un valor numérico.

*Tabla 7. Factores de frecuencia y consecuencia para la criticidad.*

<b>FACTOR DE FRECUENCIA</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valoración</b>
Frecuente [más de 3 veces al año]	5
Probable [1 a 3 eventos al año]	4
Posible [1 evento en 3 años]	3
Improbable [1 evento en 5 años]	2
Muy improbable [menos de un evento en 5 años]	1
<b>FACTORES DE CONSECUENCIAS</b>	
<b>Impacto operacional IO</b>	
Pérdidas mayores 75% de producción al mes	5
Pérdidas entre el 50% al 74% de producción al mes	4
Pérdidas entre el 25 al 49% de producción al mes	3
Pérdidas entre el 10% al 24% de producción al mes	2
Pérdidas inferiores al 10% de producción al mes	1
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL FO</b>	
No existe stock, Tiempos de reparación altos	5
Stock parcial, Procedimiento de reparación complejo	4

Stock parcial, Procedimiento de reparación sencillo	3
Stock suficiente, procedimiento reparación complejo	2
Stock suficiente, tiempos de reparación bajos	1
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO CM</b>	
Costos superiores a 20000 USD	5
Costos entre 10000 y 20000 USD	4
Costos entre 3000 y 10000 USD	3
Costos inferiores a 1000 USD	2
Costos inferiores a 200 USD	1
<b>IMPACTO MEDIOAMBIENTAL IMA</b>	
Daños irreversibles	5
Daños severos	4
Daños medios	3
Daños mínimos	2
Sin daño	1
<b>IMPACTO EN LA SEGURIDAD IS</b>	
Muerte o incapacidad	5
Incapacidad parcial o permanente	4
Daños o enfermedades severas	3
Daños leves en personas	2
Sin impacto en la seguridad	1

Una vez cuantificado los valores de las consecuencias para los activos en estudio, se calcula el valor de la criticidad, teniendo en cuenta la matriz de criticidad, mostrada en la imagen 10. Cabe resaltar, que la cantidad de fallos tomados para el análisis de los equipos estuvo sujeta a la información disponible que reposaba en el archivo del departamento de mantenimiento de la institución.

Imagen 10. Matriz de criticidad<sup>37</sup>

CRITICIDAD																						
FRECUENCIA (FF)	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
CONSECUENCIAS (CO)																						

La criticidad de los activos se obtiene del producto de los factores de consecuencia y de la frecuencia de los fallos. Esta tabla posee un código de colores que sigue la siguiente regla:

- Rojo para la criticidad alta (Valores de CT entre 50 y 125)
- Amarillo para la criticidad media (Valores de CT entre 30 y 49)
- Verde para la criticidad baja (Valores de CT entre 5 y 29)

#### 4.7 AMFE

El deterioro en el funcionamiento de un equipo puede causar daños o eventos indeseados en su entorno, las personas, en los mismos equipos y hasta en la imagen y reputación de la empresa. Siendo así, una parte importante del análisis definir las consecuencias para medir el grado de criticidad de la falla funcional. Cuando se hace referencia a un efecto de falla, inmediatamente se relaciona a los

---

<sup>37</sup> RAMÍREZ, C. MORENO, H. Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas SAE JA1011 y SAE JA1012. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogota. 2017.

acontecimientos que dan lugar cuando la falla ocurre y posteriormente a sus consecuencias.

Para cuantificar las consecuencias de las fallas, se utiliza la matriz de criticidad, la cual analiza la probabilidad de que la falla se presente y se obtiene el riesgo, siendo este el criterio para determinar qué tan crítico es el modo de falla analizado.

Imagen 11. Matriz de riesgo<sup>38</sup>

CONSECUENCIAS					No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la Empresa o en la industria	Ha ocurrido en la Empresa en los últimos 10 años	Sucede varias veces al año en la Empresa. De probable ocurrencia en un lapso entre 1 y 5 años	Sucede varias veces al año en el Departamento*. Puede ocurrir en el transcurso del año	
CATEGORÍAS					GRAVEDAD	PROBABILIDAD				
PERSONAS	ECONÓMICA (USDs)	AMBIENTAL	CLIENTES	REPUTACIÓN		A	B	C	D	E
Una o Más Fatalidades de trabajadores ó incapacidades permanentes a personal de la comunidad	Mayor a 10 Millones	Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad Permanente (Total o Parcial) de trabajadores ó Incapacidad temporal de personal de la comunidad	Mayor a 1 Millón y Menor o Igual a 10 Millones	Importante	Pérdida de clientes de mercado sensible o recurrente	Nacional y con rechazo de un grupo de interés	4	L	M	M	H	H
Incapacidad Temporal (Mayor o Igual a 1 Día) de trabajadores y hospitalización en centros asistenciales de personal de la comunidad	Mayor a 100,000 y Menor o Igual a 1 Millón	Localizada	Desabastecimiento y/o Pérdida de Clientes	Nacional y sin rechazo de un grupo de interés	3	N	L	M	M	H
Lesión Menor (Sin Incapacidad) en trabajadores ó Primeros auxilios, sin hospitalización a personal de la comunidad	Mayor a 10,000 y Menor o Igual a 100,000	Menor	Quejas y/o Reclamos	Nacional y baja importancia	2	N	N	L	M	M
Lesión Leve de trabajadores (Primeros Auxilios)	Menor a 10.000	Leve	Incumplimiento de Especificaciones solucionado	Local y baja importancia	1	N	N	N	L	L
Sin Lesión	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	0	N	N	N	N	N

\*Donde no exista un Departamento, se toma la Gerencia

El paso siguiente es definir qué puede hacerse para evitar que la falla se produzca, utilizando el árbol lógico de decisión (ver imagen 4), herramienta que direcciona el tipo de mantenimiento que se debe emplear en cada modo de falla.

Las tareas que se han programado están orientadas en realizar un seguimiento a la condición del activo, mediante chequeos e inspecciones a los activos más críticos debido a su complejidad. Para ciertos equipos que son compactos o que están

<sup>38</sup> ORTIZ, D. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Universidad Industrial de Santander. 2020

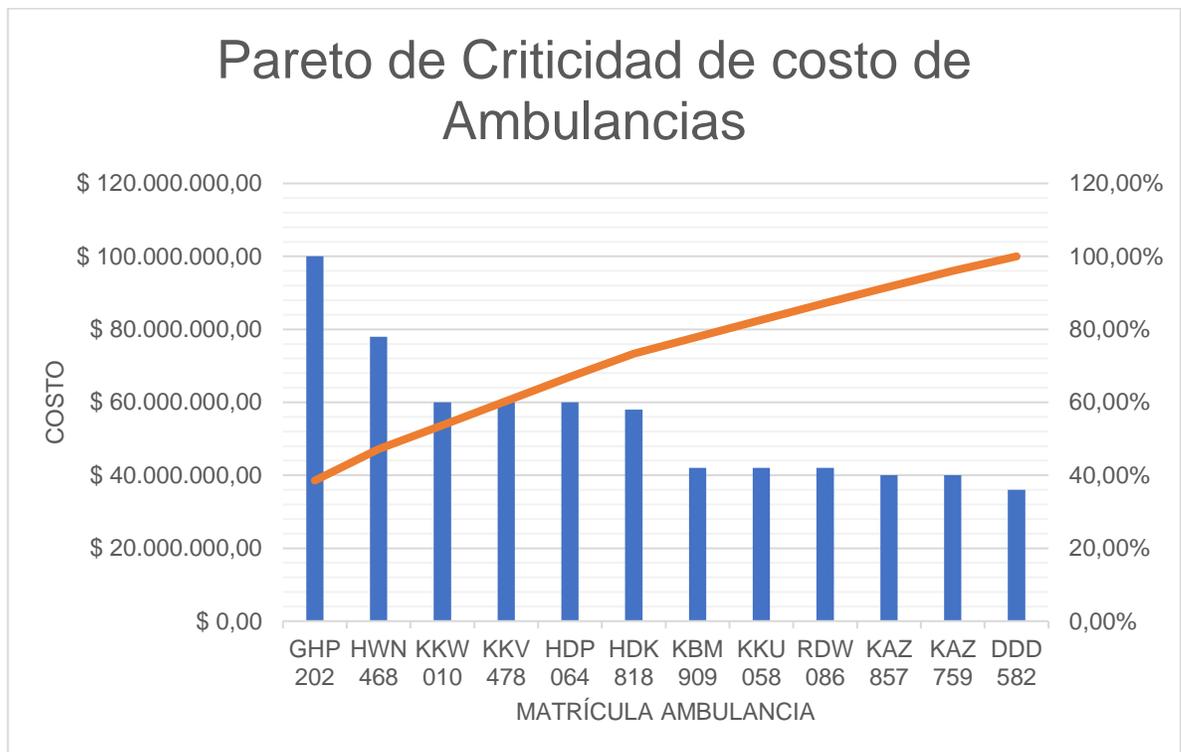
comandados por software especializados, como algunos equipos biomédicos, las tareas se basan únicamente a reportar fallas asociadas a errores de medición y calibración de estos.

## 5 ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1 VEHÍCULOS

Para iniciar el análisis de resultados se realizó una clasificación basada en el costo de los activos. En la imagen 12 se muestra los costos de las ambulancias del parque automotor.

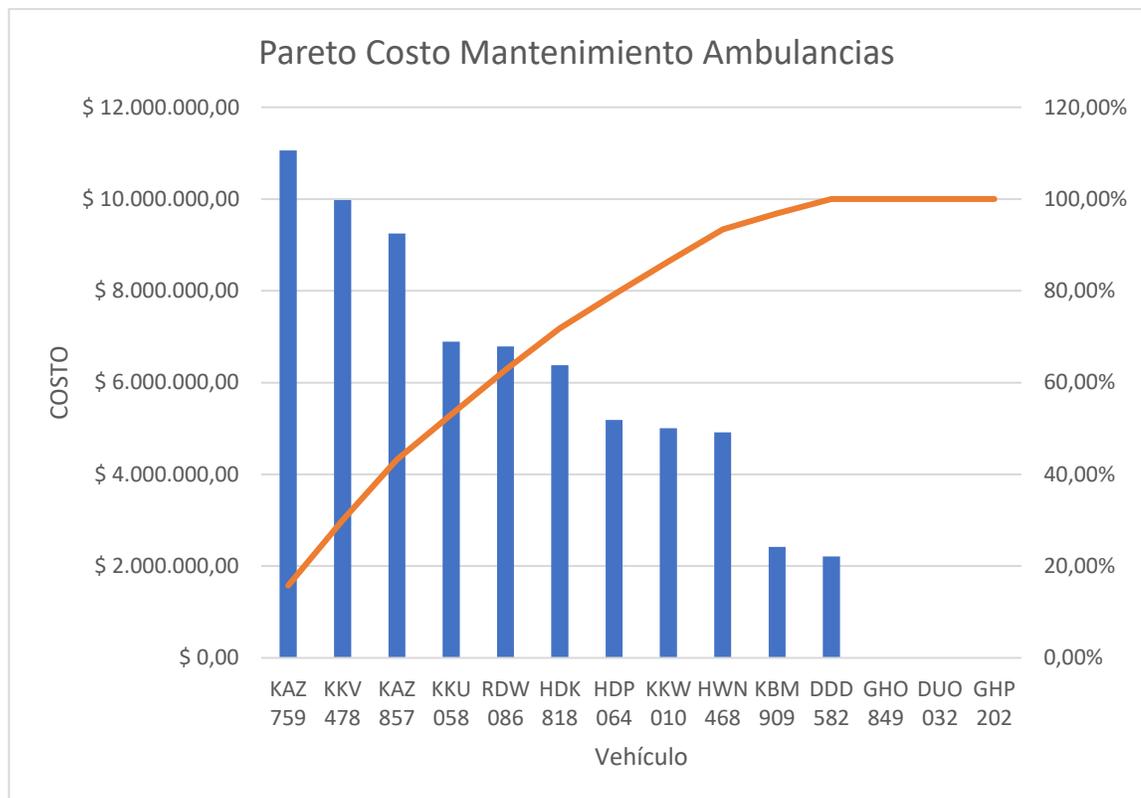
Imagen 12. Pareto de Criticidad de costo en ambulancias



Como se muestra en la imagen, los activos más críticos en su valor comercial son las ambulancias de matrícula GHP202, HWN468, KKW010, KKV478, HDK818 y KBM909. Eso ocurre debido a que son activos adquiridos hace poco tiempo y su depreciación ha sido mínima, comparado con vehículos de modelo anteriores. El costo total de estos activos se encuentra alrededor de \$908.000.000 COP.

En cuanto a costos de mantenimiento de ambulancias, estos son mostrados en la imagen 13.

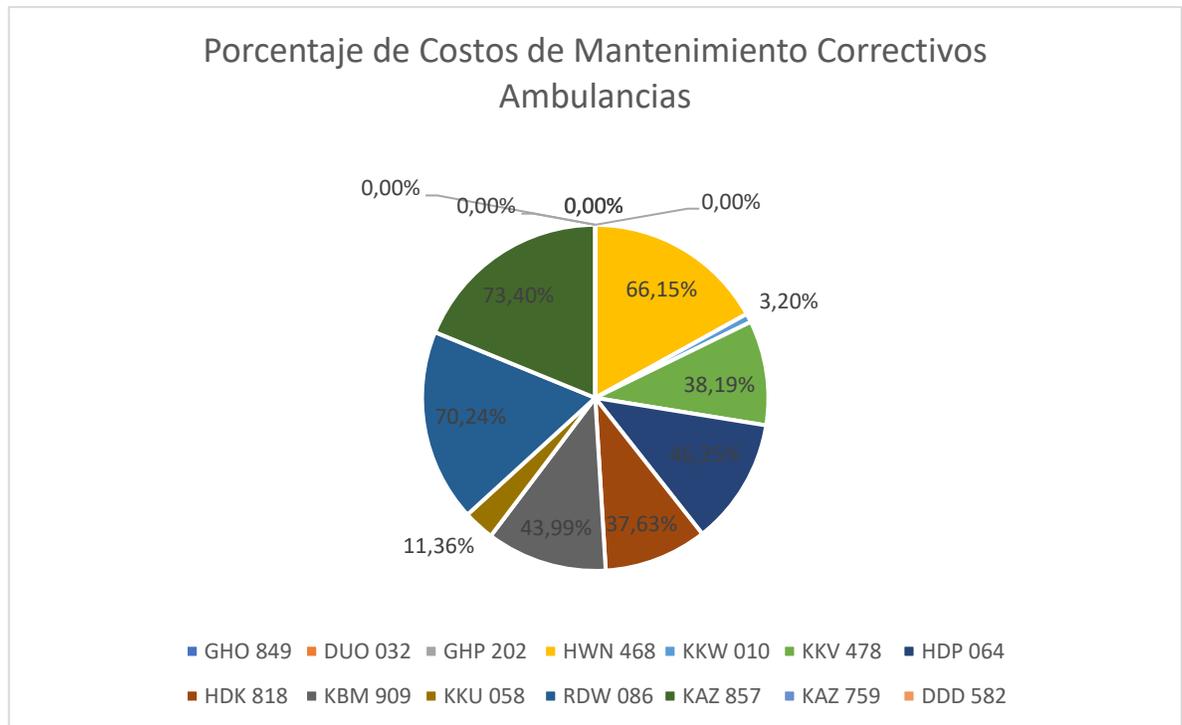
*Imagen 13. Pareto de costo de mantenimiento de Ambulancias*



Es costo de los mantenimientos de estos activos desde el año 2016 suman \$70.078.142 COP, y muestra que los activos cuyos mantenimientos cuestan más de 8.000.000 COP son las ambulancias KAZ759, KKV478 y KAZ857. Estas ambulancias se encuentran prestando servicios contractuales a terceros. No obstante, el personal a cargo de estos equipos es contratado directamente por la institución.

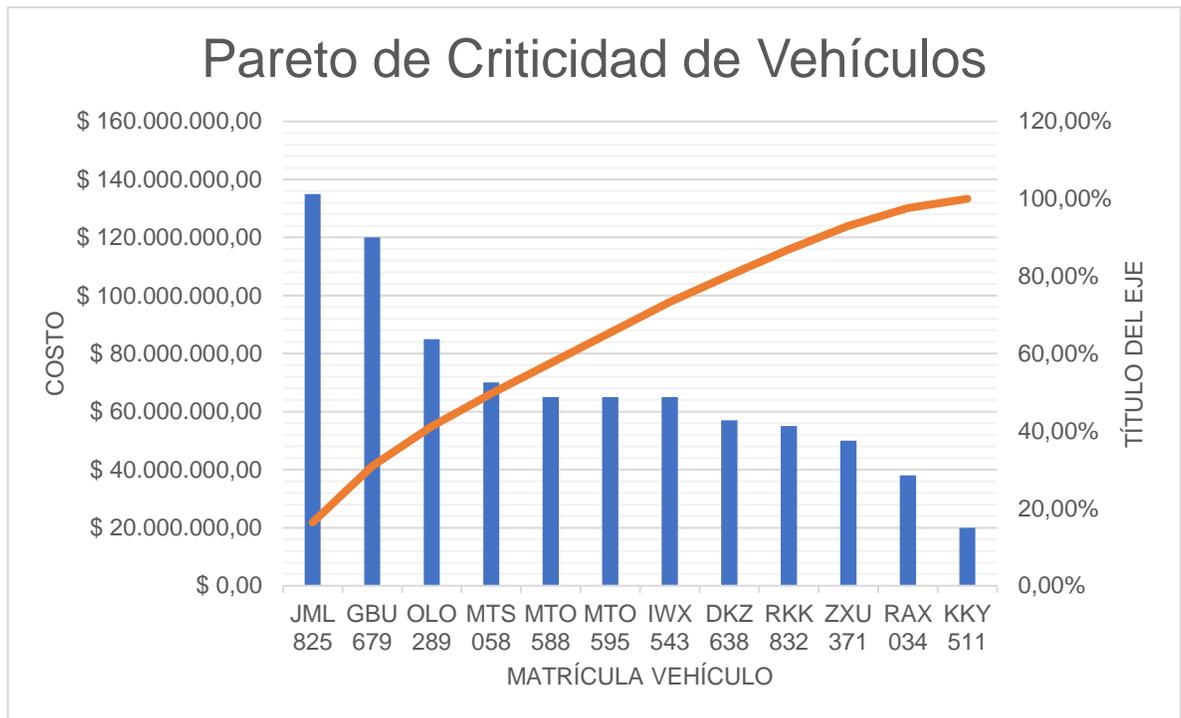
Adicional a lo anterior, y como se observa en la imagen 14, el 36,28% de los mantenimientos realizados a estos activos son mantenimientos correctivos, siendo las ambulancias KAZ857, RDW086 y HWN468 las más críticas en este aspecto.

*Imagen 14. Porcentaje de costos de mantenimiento correctivos en Ambulancias*



De igual forma, se realizó este mismo análisis con los demás vehículos del parque automotor. En la imagen 15 se muestra el valor comercial de los vehículos institucionales.

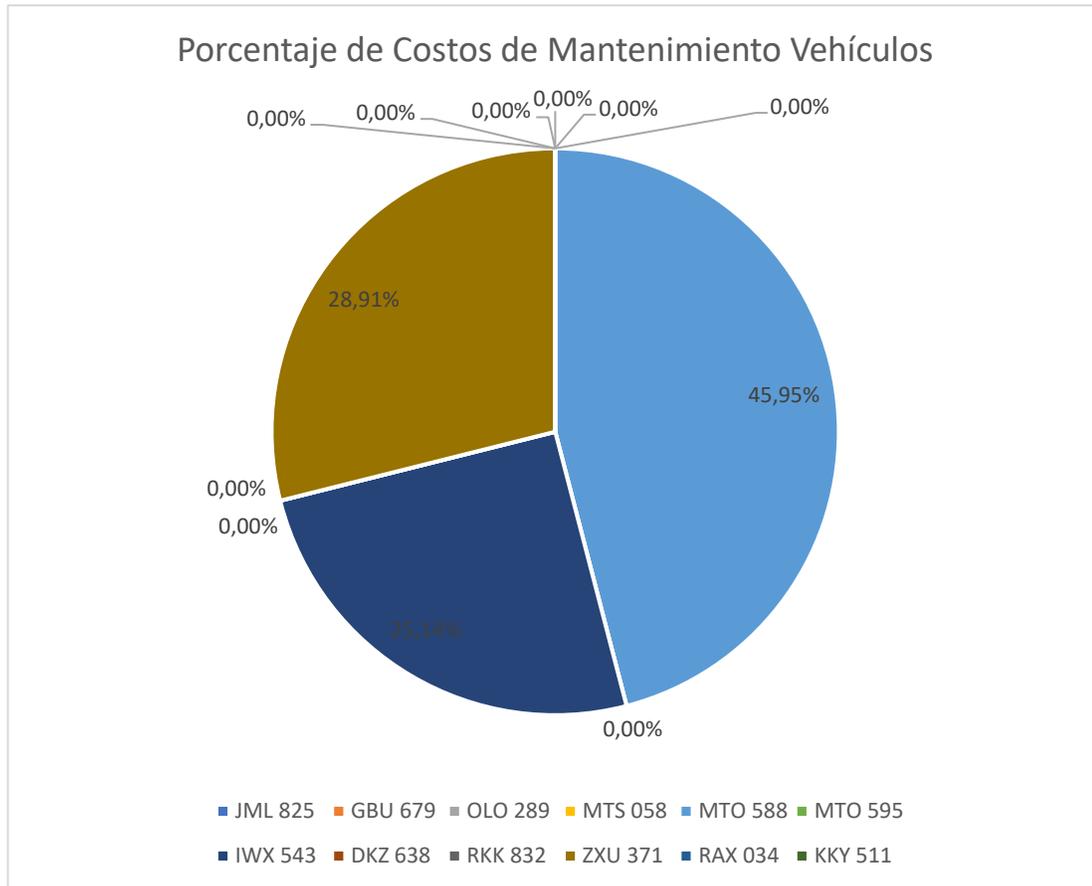
Imagen 15. Pareto de Criticidad de Vehículos



Como se observa en la imagen 15, los vehículos que tienen más valor son los vehículos de matrícula JML825, GBU679 y OLO289 (superan los \$80.000.000 COP). Eso hace referencia, a que son vehículos adquiridos recientemente por la institución (2019 y 2020), y su depreciación es mínima comparada con los demás vehículos. El costo total de estos activos es de \$825.000.000 COP.

En materia de costos de mantenimiento, se tiene que los vehículos que registran mantenimientos son los vehículos de matrículas IWX543, RAX034 y ZXU 371, como lo muestra la imagen 16.

Imagen 16. Porcentaje de costos de Mantenimiento Vehículos



El costo de estos mantenimientos asciende a \$14.225.534 COP, y el porcentaje de mantenimientos correctivos de estos equipos es de 13,35%, siendo \$1.899.399 COP el costo de los mismos. En el caso de estos vehículos, no se registraron operaciones de mantenimiento en los vehículos adquiridos a partir del 2019. Dentro de la base de datos creada por la institución, no se encontraron operaciones de mantenimiento de los vehículos de matrículas MTS058, MTO595, DKZ638, RKK832, RAX034 y KKY511.

La disponibilidad de la flota vehicular de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, se presenta en la imagen 17.

Imagen 17. Disponibilidad de Flota Vehicular

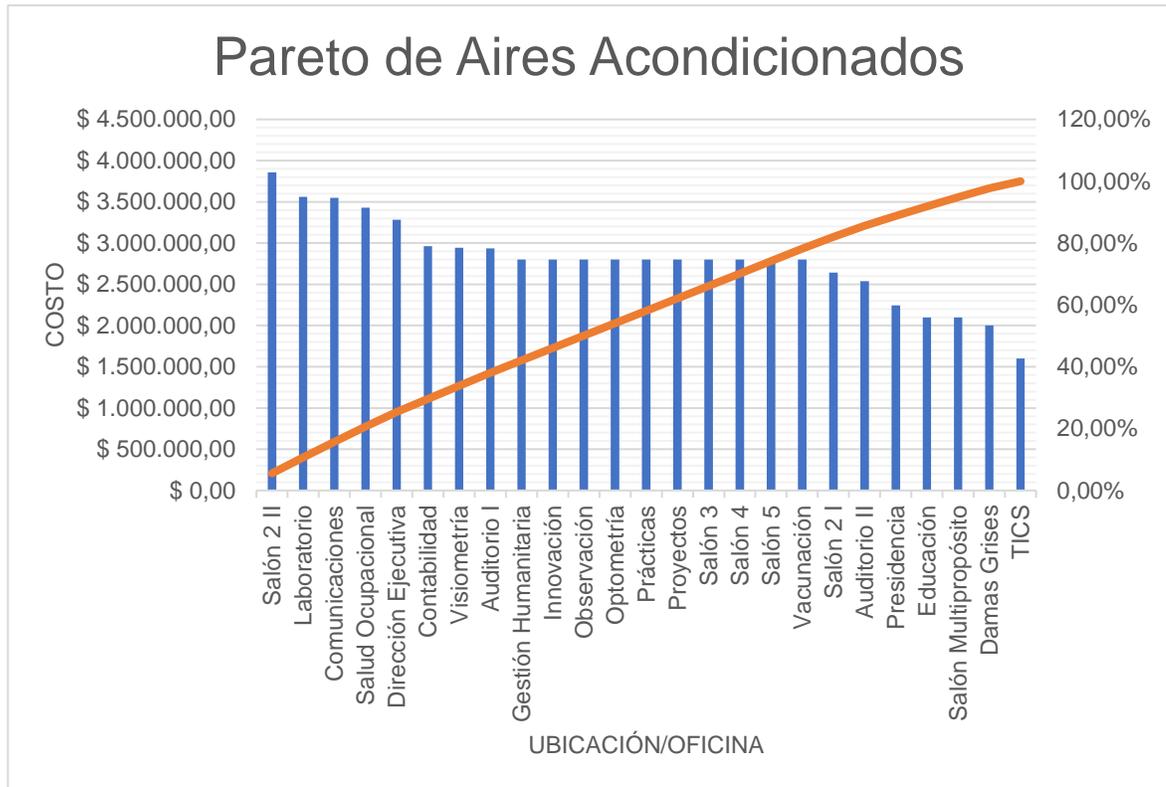
DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS		AÑO					
COD	PLACA	2016	2017	2018	2019	2020	2021
2711	HWN 468		0,991666667		0,988542	0,997916667	
2706	KKW 010			0,989583333	0,985417		
2709	KKV 478		0,983333333	0,9875	0,986458		
2723	HDP 064		0,9875		0,982292	0,996875	
2721	HDK 818		0,985416667		0,980208	0,995833333	
2702	KBM 909			0,991666667	0,988542		
2708	KKU 058		0,985416667	0,986458333		0,997916667	
134	RDW 086	0,98854167	0,992708333	0,989583333	0,986458	0,996875	0,997916667
2701	KAZ 857			0,997916667	0,994792	0,95625	
2713	KAZ 759			0,999375	0,996875	0,9978125	0,9996875
2705	DDD 582			0,989583333	0,997917	0,994791667	
2704	MTO 588		0,997916667	0,988541667	0,995833		
76	IWX 543		0,998958333	0,995833333	0,991667		
2703	ZXU 371		0,990625	0,989583333	0,990625		

Debido a que, en las órdenes de mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes vehículos, para este cálculo, se tomaron valores aproximados de los tiempos de reparación y tiempos fuera de servicio. Como se puede observar en la imagen, las casillas en blanco representan que, según el seguimiento de los mantenimientos, en esos años no se registraron actividades de mantenimiento correctivo o preventivo.

## 5.2 AIRES ACONDICIONADOS

Para los aires acondicionados con los que cuenta la institución, se realizó un análisis de costo y disponibilidad. En primer lugar, se realizó un Pareto de costos de estos equipos, mostrado en la imagen 18.

Imagen 18. Pareto de Costo de Aires Acondicionados



El valor total de estos activos es de \$69.748.000 COP. Para analizar el costo de las operaciones de mantenimiento se realiza un diagrama de torta, mostrado en la figura 19.



superando ampliamente las operaciones de mantenimiento realizadas en 2019 y 2020.

Imagen 20. Mantenimientos Correctivos por año



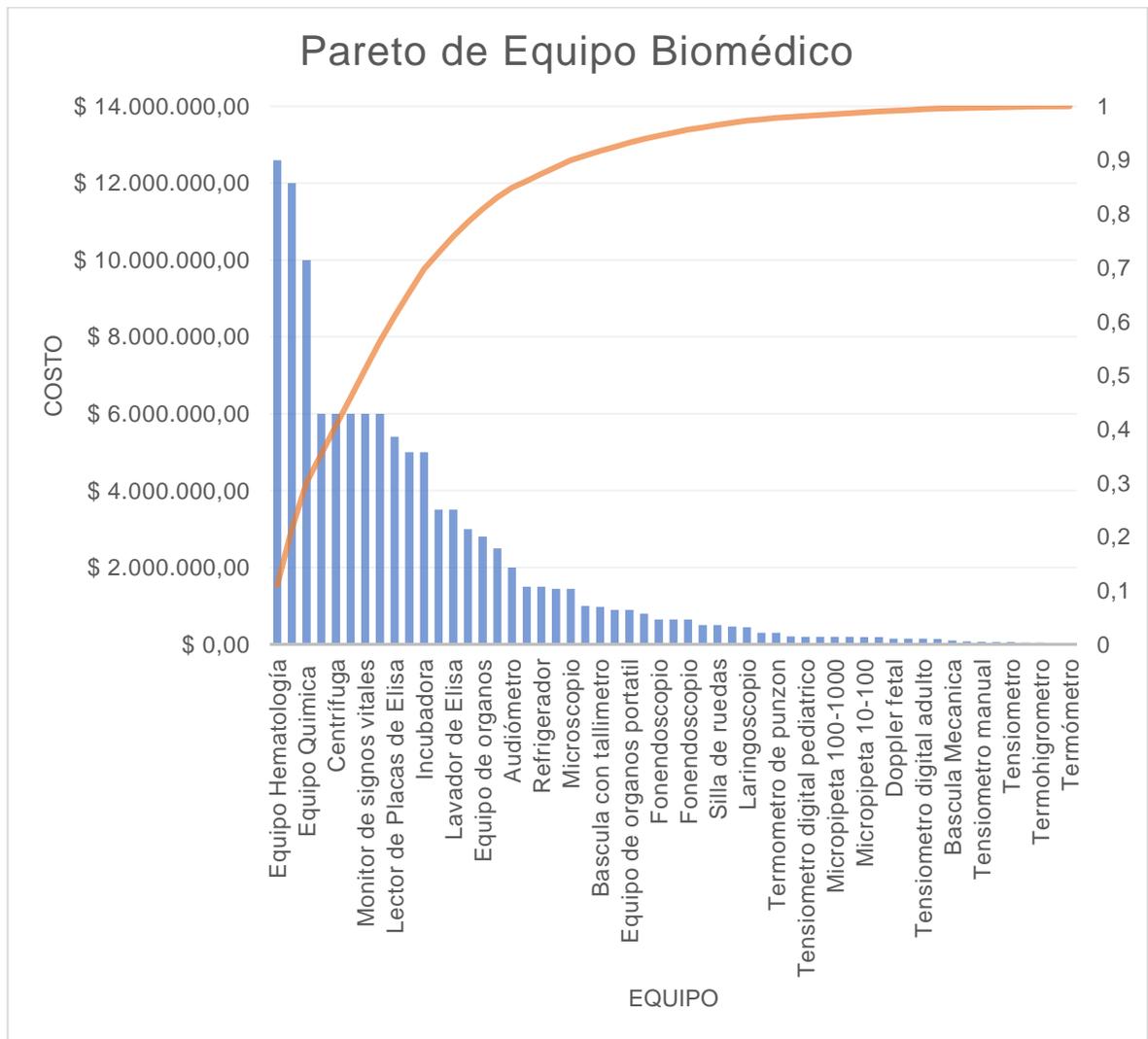
Para la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, la tabla 8 muestra la matriz de disponibilidad de estos equipos, donde se puede observar que los equipos ubicados en el Auditorio I, Comunicaciones, Contabilidad, Dirección Ejecutiva, Laboratorio y el Salón 2 I son los equipos que tienen una disponibilidad menor.

Tabla 8. Disponibilidad de Aires Acondicionados

DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	AÑO							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
<b>EQUIPO</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	
Auditorio I	1	0,98	0,98	0,92	1	0,98	0,89	
Auditorio II	1	0,98	0,94	1	1	0,98	0,98	
Comunicaciones	1	0,98	0,92	1	0,98	0,92	0,98	
Contabilidad	0,98	0,9	0,9	0,98	1	0,93	0,96	
Dirección Ejecutiva	1	0,92	0,94	0,98	0,98	1	0,98	
Educación	1	1	1	1	1	1	0,98	
Gestión Humanitaria	1	1	1	1	1	1	0,98	
Laboratorio	0,98	0,98	0,96	0,96	0,88	0,93	0,92	
Observación	1	1	1	1	1	0,98	0,98	
Optometría	1	1	1	0,98	1	0,98	1	
Prácticas	1	0,98	0,98	0,98	1	0,95	0,95	
Presidencia	0,98	0,98	0,98	0,98	1	0,98	0,98	
Salón 2 I	0,98	1	0,92	0,98	1	0,95	0,94	
Salón 2 II	1	0,98	0,95	1	1	0,98	0,98	
Salud Ocupacional	1	0,98	0,94	0,98	1	0,98	0,98	
TICS	1	1	1	1	1	1	0,98	
Visiometría	0,98	1	0,98	1	1	1	1	

### 5.3 EQUIPOS BIOMÉDICOS

Para los equipos biomédicos se realizó el mismo análisis de criticidad en costo de activos, arrojando que los equipos más críticos son el Equipo de Hematología, el Equipo de Química, la máquina Centrífuga, el Monitor de Signos Vitales y el Equipo de Lectura de Elisa. El costo total de estos activos es de \$114.688.000 COP.



## **5.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y CONSECUENCIA**

Para efectuar las tareas de mantenimiento en los equipos más críticos, se realizó una clasificación de estos basado en los impactos que puedan generar en la operación, costos de mantenimiento, salud, medio ambiente y en la seguridad, acorde a la tabla 7 e imagen 10. Ver anexo 2.

## 6 RECOMENDACIONES

Para efectos de un mejor análisis y reducción en los tiempos de obtención de datos se recomiendan las siguientes acciones:

- Continuar la implementación de la base de datos creada por la Seccional para almacenamiento y posterior análisis de datos de tareas de mantenimiento para vehículos, aires acondicionados y equipo biomédico, ya que esto reduce tiempos de búsqueda y obtención de la información, así como la cantidad de papel que se usa en esta información, en aras de impactar menos el medioambiente usando cada vez menos papel.
- El departamento de mantenimiento debe tener en su información los costos de las operaciones de todos los mantenimientos (preventivos y correctivos), para realizar un posterior análisis de datos e implementar mejoras en sus procesos con el objetivo de reducir los mantenimientos correctivos.
- El departamento de mantenimiento debe cuidar de conocer y registrar los tiempos de reparación de cualquier operación de mantenimiento de estos activos. Este parámetro es fundamental para realizar un seguimiento y control del indicador de disponibilidad, asegurando prestar un mejor servicio.
- Implementar un sistema de tarjetas entre los trabajadores y operarios de los diferentes activos. Esto hace que el departamento de mantenimiento sea más cercano al personal a cargo de los equipos y establezcan canales de comunicación efectivos para la generación de órdenes de mantenimiento. Ver anexo 4.

- Sumada a la estrategia anterior, sería un logro enorme implementar una filosofía de mantenimiento basado en las 5 S, para que el personal a cargo de los equipos sea parte activa en el mantenimiento de los equipos, con el objetivo de disminuir las cargas laborales y generar un ambiente de trabajo óptimo para prestar un mejor servicio.

## 7 CONCLUSIONES

La metodología RCM es un método muy práctico para el diagnóstico, planeación e implementación de mejoras en el plan de mantenimiento y poder enfocar esfuerzos a los activos más críticos, aumentando la disponibilidad y seguir cumpliendo con la calidad en los diferentes servicios que se ofrecen en la institución.

Se demostró que los activos del parque automotor que más presentan mantenimientos correctivos son las ambulancias (36,28%), debido a que se encuentran en lugares donde realizar mantenimientos preventivos de confianza es casi imposible, aumentando la probabilidad de fallos de ocurrencia súbita.

En cuanto a los activos del sistema de aires acondicionados, demostró en varios equipos disponibilidades bajas (88%), debido a incumplimientos en su plan de mantenimiento preventivo, o a una mala estrategia de diseño y selección de los mismos.

Los equipos biomédicos al ser tan especializados y cumplir unas regulaciones ante entidades sanitarias, es un reto aplicar estrategias de mejora para aumentar su disponibilidad. Para esto, acorde con la metodología RCM se ha diseñado una posible estrategia de mejora, en donde los usuarios son parte activa en el mantenimiento de estos equipos, registrando posibles anormalidades en su funcionamiento y establecer canales de comunicación eficaces con el departamento de mantenimiento para lograr corregir estas anormalidades en el menor tiempo posible.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, J. TORRES, R. y MAGAÑA, D. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad., Ciudad de México: Corporación Mexicana de Investigación en Materiales.

ARZUAGA, J. Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en la flota de equipos de oruga D11N de la empresa minera Drummond Ltda., Bucaramanga, Colombia.: Universidad Industrial de Santander., 2011.

AUGUS, J. RCM Guidebook: Building a Reliable Plan Maintenance Program., PennWell Corporation., 2004.

BORRÁS, C. de Principios de Mantenimiento, Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander, 2015, p. 15.

CASTAÑEDA, J. Estrategia para mejoras y eliminación de malos actores de las plantas del departamento de operaciones y mantenimiento del área norte de la Vit-Ecopetrol., Bucaramanga, Colombia.: Universidad Industrial de Santander, 2013.

CRUZ ROJA COLOMBIANA SECCIONAL SANTANDER., «Historia de la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander,» Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, [En línea]. Available: <http://www.cruzrojasantander.org/nuestra-institucion/historia/>.

DEPARTAMENTO SIG, «Mantenimiento de infraestructura, vehículos y ambiente de trabajo,» Bucaramanga, Colombia, Cruz Roja Colombiana Seccional Santander, 2017.

FAJARDO L. y MARTÍNEZ, F. Propuesta para la implementación del plan de mantenimiento basado en RCM, para la nueva planta de inyección de agua PIA3 de la superintendencia de operaciones La Cira Infantas de la Gerencia Regional del Magdalena Medio Ecopetrol, Universidad Industrial de Santander.

GONZALES, C. «Principios de Mantenimiento.,» 2020.

GONZÁLES, F. «Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión,» Fundación Confemetal Editorial, p. 51.

GULATI, R. de Maintenance and Reliability Best Practices., p. 129.

LEÓN, L. Mejoramiento de la gestión de repuestos para el mantenimiento de los equipos de la Gerencia Regional del Magdalena Medio Ecopetrol S.A. Corporación CIMA, Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2013.

MENDOZA K. y SALAS, Y. de Diseño del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos del taller de máquinas del departamento de mantenimiento de la GRB Ecopetrol S.A., Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander, 2014.

MENDOZA, R. «El análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.,» 2001, p. 12.

MOUBRAY, J. de Reliability Centered Maintenance., Industrial Press Inc., p. 9.

NOWLAN, F. y et all, Reliability Centered Maintenance. Department of Commerce., 1978.

ORTIZ, D. «Mantenimiento Centrado en Confiabilidad,» Universidad Industrial de Santander, 2020.

PERALTA, M. de Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado, Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander, 2011.

PLATA, V. de Diagnóstico de maquinaria pesada, equipo menor y vehículos de transporte para el desarrollo de un plan de mantenimiento en la constructora VC Ltda, Universidad Industrial de Santander, 2009.

RAMÍREZ J. y MORENO, H. Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción x-treme del parque mundo aventura, tomando como referencia las normas SAE JA1011 y SAE JA1012., Manizales, Colombia, Universidad Francisco José de Caldas, 2017, p. 25.

RENOVETEC, «Mantenimiento Correctivo,» Organización y Gestión de la Reparación de Averías, p. 7.

RODRIGUEZ, J. Evaluación, análisis y propuesta de optimización de la estrategia de mantenimiento de turbinas de propósito general del departamento de refinación de crudos de GRB para la empresa Ecopetrol S.A., Universidad Industrial de Santander.

RUEDA H. y PARDO, G. Evaluación y optimización de la estrategia actual de mantenimiento de turbinas de vapor de la planta de aromáticos de Ecopetrol S.A., Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2010.

RUIZ, F. y BONNET, J. «Plan de mantenimiento genérico basado en confiabilidad para motogeneradores eléctricos diesel con potencia menor a 500 kW de la superintendencia de operaciones del río Ecopetrol S.A.» Universidad Industrial de Santander, 2012.

SAE, «A Guide to the Reliability Centered Maintenance RCM» de International Standard JA1012, SAE, 2002.

SALDIVIA, F. «El Mantenimiento Preventivo.» Bucaramanga, Colombia, 2020.

SIERRA, G. «Programa de Mantenimiento Preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.» Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander, 2004, p. 14.

SOCIEDAD NACIONAL DE LA CRUZ ROJA COLOMBIANA, «Historia de la Cruz Roja Colombiana.» Sociedad Nacional de la Cruz Roja Colombiana, [En línea]. Available: <https://www.cruzrojacolombiana.org/la-cruz-roja-en-colombia/>.

# ANEXOS

## Anexo a. Programa de mantenimiento de vehículo KBM909

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO VEHICULAR		CODIGO: F-MC-VE-09
Cruz Roja Colombiana Seccional Santander		VERSION: 3
		FECHA VERSION: 12/08/2019
		PAGINA 1 DE 1
VEHICULO:	CHEVROLET LUV D-MAX	MOVIL No: 2702
PLACA:	KBM 909	TIPO: TRANSPORTE ASISTENCIAL BASICO
KILOMETRAJE X 1000		
	5	10
ELEMENTO	15	20
	25	30
	35	40
	45	50
	55	60
	65	70
	75	80
	85	90
	95	100
ACEITE DE MOTOR	R	R
FILTRO DE ACEITE	R	R
FILTRO DE COMBUSTIBLE	I	I
FILTRO SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE	I	I
GRADUACION DE VALVULAS	I	I
REFRIGERANTE DE MOTOR	I	I
LIQUIDO DE EMBRAGUE	R	R
LIQUIDO DE FRENOS	R	R
ACEITE DE ENGRANAJES	R	R
ACEITE DE ENGRANAJE DIFERENCIAL	R	R
DEFORMACION DE SEMIEJES	I	I
EJE DELANTERO Y TRASERO	I	I
ACEITE DE DIRECCION HIDRAULICA	I	I
CONEXIÓN ENTRE MUÑOY Y EJE DELANTERO	I	I
JUEGO DEL VOLANTE	I	I
FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCION	I	I
MANGUERAS DE LA DIRECCION HIDRAULICA	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS	I	I
RECORRIDO Y JUEGO DE PEDAL DE FRENOS	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE PARQUEO	I	I
ESTADO DE AMORTIGUADORES	I	I
JUEGO DE RODAMIENTOS DELANTERO	I	I
JUEGO DE RODAMIENTOS TRASEROS	I	I
FUNCIONAMIENTO LUCES EN GENERAL	I	I
NIVEL DE BATERIA	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL ALTERNADOR	I	I

CONVENCIONES:	INSPECCIONAR	REEMPLAZAR
---------------	--------------	------------

Anexo b. Programa de mantenimiento de vehículo KBM909

 Cruz Roja Colombiana Seccional Santander		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO VEHICULAR												CODIGO: F-MC-VE-09							
														VERSION: 3							
														FECHA VERSION: 12/08/2019							
														PAGINA 1 DE 1							
VEHICULO:	CHEVROLET LUV D-MAX	MOVIL No:	2713	PLACA:	KAZ 759	TIPO:	CAMIONETA ESTACA														
ELEMENTO		KILOMETRAJE X 1000																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
ACEITE DE MOTOR		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
FILTRO DE ACEITE		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
FILTRO DE COMBUSTIBLE		I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R
FILTRO SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE		I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R
GRADUACION DE VALVULAS																					
REFRIGERANTE DE MOTOR		I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I
LIQUIDO DE EMBRAGUE									R								R				
LIQUIDO DE FRENOS									R								R				
ACEITE DE ENGRANAJES		R	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	R	I	I	I	R
ACEITE DE ENGRANAJE DIFERENCIAL		R	I	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	R	I	I	I	R
DEFORMACION DE SEMIEJES									I								I				
EJE DELANTERO Y TRASERO									I								I				
ACEITE DE DIRECCION HIDRAULICA		I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I
CONEXIÓN ENTRE MUÑOY Y EJE DELANTERO																					
JUEGO DEL VOLANTE		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCION		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
MANGUERAS DE LA DIRECCION HIDRAULICA		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I
RECORRIDO Y JUEGO DE PEDAL DE FRENOS		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE PARQUEO		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
ESTADO DE AMORTIGUADORES		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
JUEGO DE RODAMIENTOS DELANTERO		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
JUEGO DE RODAMIENTOS TRASEROS																					
FUNCIONAMIENTO LUCES EN GENERAL		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
NIVEL DE BATERIA		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL ALTERNADOR		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

CONVENIONES: INSPECCIONAR REEMPLAZAR



















Anexo I. Programa de mantenimiento de vehículo HDP 064

 Cruz Roja Colombiana Seccional Santander		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO VEHICULAR												CODIGO: F-MC-VE-09																			
														VERSION: 3																			
														FECHA VERSION: 12/08/2019																			
														PAGINA 1 DE 1																			
VEHICULO:	CHEVROLET LUV D-MAX	MOVIL No:	2723	PLACA:	HDP 064	TIPO:	TRANSPORTE ASISTENCIAL BASICO																										
ELEMENTO													KILOMETRAJE X 1000																				
													5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
ACEITE DE MOTOR													R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
FILTRO DE ACEITE													R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
FILTRO DE COMBUSTIBLE													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FILTRO SECUNDARIO DE COMBUSTIBLE													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
GRADUACION DE VALVULAS																																	
REFRIGERANTE DE MOTOR													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
LIQUIDO DE EMBRAGUE																																	
LIQUIDO DE FRENO																																	
ACEITE DE ENGRANAJES													R	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I
ACEITE DE ENGRANAJE DIFERENCIAL													R	I	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I
DEFORMACION DE SEMIEJES																																	
EJE DELANTERO Y TRASERO																																	
ACEITE DE DIRECCION HIDRAULICA													I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I
CONEXION ENTRE MUJON Y EJE DELANTERO													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
JUEGO DEL VOLANTE													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DE LA DIRECCION													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
MANGUERAS DE LA DIRECCION HIDRAULICA													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
RECORRIDO Y JUEGO DE PEDAL DE FRENO													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE PARQUEO													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
ESTADO DE AMORTIGUADORES													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
JUEGO DE RODAMIENTOS DELANTERO													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
JUEGO DE RODAMIENTOS TRASEROS													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO LUCES EN GENERAL													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
NIVEL DE BATERIA													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
FUNCIONAMIENTO DEL ALTERNADOR													I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
CONVENCIONES:													INSPECCIONAR		REEMPLAZAR																		























### Anexo x. matriz de riesgo y consecuencia

EQUIPO	FACTOR DE FRECUENCIA [FF]	IMPACTO OPERACIONAL [IO]	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL [FO]	COSTOS DE MANTENIMIENTO [CM]	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE [IMA]	IMPACTO A LA SEGURIDAD [IS]	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
<b>VEHICULOS</b>								
Suspensión	3	2	5	2	1	5	18	54
Circuito eléctrico	3	1	5	1	1	2	9	27
Sistema de aire acondicionado	3	1	5	2	2	1	10	30
Sistema de frenos	2	4	5	2	2	5	29	58
Alineación	5	2	5	1	1	2	14	70
Embrague	3	1	5	1	1	5	12	36
Sistema de Refrigeración	1	1	5	2	2	1	10	10
<b>AIRES ACONDICIONADOS</b>								
Salón 2 II	1	2	1	1	2	2	7	7
Laboratorio	3	2	1	1	2	2	7	21
Comunicaciones	2	2	1	1	2	2	7	14
Salud Ocupacional	2	2	1	1	2	2	7	14
Dirección Ejecutiva	1	2	1	1	2	2	7	7
Contabilidad	3	2	1	1	2	2	7	21
Visiometría	1	2	1	1	2	2	7	7
Auditorio I	2	2	1	1	2	2	7	14
Gestión Humanitaria	1	1	1	1	2	2	6	6
Innovación	1	1	1	1	2	2	6	6
Observación	1	1	1	1	2	2	6	6
Optometría	1	1	1	1	2	2	6	6
Prácticas	1	1	1	1	2	2	6	6
Proyectos	1	1	1	1	2	2	6	6
Salón 3	1	1	1	1	2	2	6	6
Salón 4	1	1	1	1	2	2	6	6
Salón 5	1	1	1	1	2	2	6	6
Vacunación	1	1	1	1	2	2	6	6
Salón 2 I	1	2	1	1	2	2	7	7
Auditorio II	1	2	1	1	2	2	7	7
Presidencia	1	2	1	1	2	2	7	7
Educación	1	1	1	1	2	2	6	6
Salón Multipropósito	1	1	1	1	2	2	6	6
Damas Grises	1	1	1	1	2	2	6	6
TICS	1	1	1	1	2	2	6	6

EQUIPO BIOMÉDICO								
Audiómetro	1	1	5	1	1	1	8	8
Equipo de organos	1	1	5	2	1	1	9	9
Fonendoscopio	1	1	5	1	1	1	8	8
Bascula digital	1	1	5	1	1	1	8	8
Tensiómetro digital pediátrico	1	1	5	1	1	1	8	8
Tensiómetro manual	1	1	5	1	1	1	8	8
Bascula con tallímetro	1	1	5	1	1	1	8	8
Equipo Hematología	2	3	5	3	1	1	20	40
Analizador de Química	1	2	5	3	3	3	19	19
Equipo Química	1	2	5	3	3	3	19	19
Centrífuga	1	3	5	2	1	2	20	20
Centrífuga	1	3	5	2	1	2	20	20
Lector de Placas de Elisa	1	3	5	3	1	2	21	21
Autoclave	1	4	5	1	1	2	24	24
Incubadora	1	4	5	1	1	2	24	24
Agitador	1	1	5	2	1	1	9	9
Lavador de Elisa	1	1	5	1	1	1	8	8
Desionizador	1	1	5	1	1	1	8	8
Refrigerador	1	2	5	2	2	1	15	15
Refrigerador	1	2	5	2	2	1	15	15
Microscopio	1	3	5	2	1	2	20	20
Microscopio	1	3	5	2	1	2	20	20
Baño Serológico	1	1	5	1	1	1	8	8
Mezclador de Celulas	1	1	5	2	1	1	9	9
Horno	1	1	5	2	1	2	10	10
Destilador de Agua	1	1	5	1	1	1	8	8
Termómetro de Penetración	1	1	5	1	1	1	8	8
Micropipeta 05-10	1	1	5	1	1	1	8	8
Micropipeta 100-1000	1	1	5	1	1	1	8	8
Micropipeta 200-1000	1	1	5	1	1	1	8	8
Micropipeta 10-100	1	1	5	1	1	1	8	8
Micropipeta 10-100	1	1	5	1	1	1	8	8
Termohigrómetro	1	1	5	1	1	1	8	8
Termómetro	1	1	5	1	1	1	8	8
Termómetro	1	1	5	1	1	1	8	8
Monitor de signos vitales	1	2	5	3	1	2	16	16
Electrocardiografo	1	2	5	3	1	2	16	16
Equipo de organos portatil	1	1	5	1	1	1	8	8
Fonendoscopio	1	1	5	1	1	1	8	8
Silla de ruedas	1	1	5	1	1	1	8	8
Aspirador de secreciones	1	1	5	1	1	1	8	8
Laringoscopio	1	1	1	1	1	1	4	4
Doppler fetal	1	1	5	1	1	1	8	8
Nebulizador	1	1	5	1	1	1	8	8
Tensiómetro digital adulto	1	1	5	1	1	1	8	8
Otoscopio	1	1	5	1	1	1	8	8
Bascula Mecanica	1	1	5	1	1	1	8	8
Oxímetro de pulzo	1	1	5	1	1	1	8	8
Tensiómetro adulto	1	1	5	1	1	1	8	8
Fonendoscopio	1	1	5	1	1	1	8	8
Tensiómetro	1	1	5	1	1	1	8	8
Nevera horizontal	1	3	5	1	1	1	18	18
Termómetro de punzon	1	1	5	1	1	1	8	8
Termohigrometro	1	1	5	1	1	1	8	8



Anexo z. Tarjetas



# Técnico

Control No.

Fecha: D\_\_ M\_\_ A\_\_

Equipo: \_\_\_\_\_

Detectado por: \_\_\_\_\_

Descripción del problema:

---

---

---

---

---

Lugar/Oficina/Ubicación

Defecto \_\_\_\_\_ Avería \_\_\_\_\_ Accidente \_\_\_\_\_

Deterioro Natural \_\_\_\_\_ Deterioro Forzado \_\_\_\_\_



# Operario

Control No.

Fecha: D\_\_ M\_\_ A\_\_

Equipo: \_\_\_\_\_

Detectado por: \_\_\_\_\_

Descripción del problema:

---

---

---

---

---

Lugar/Oficina/Ubicación

Defecto \_\_\_\_\_ Avería \_\_\_\_\_ Accidente \_\_\_\_\_

Deterioro Natural \_\_\_\_\_ Deterioro Forzado \_\_\_\_\_