

**Diseño de Herramienta Informática para la Gestión de Programa de Control de  
Mantenimiento de Locomotoras en la Empresa DC Ferrocarriles Facatativá  
Cundinamarca**

Adolfo Solís Piedrahita

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Escuela De Ciencias Básicas Tecnología E Ingeniería

CEAD Santa Marta

2021

Diseño de Herramienta Informática para la Gestión de Programa de Control de Mantenimiento  
de Locomotoras en la Empresa DC Ferrocarriles Facatativá Cundinamarca

Adolfo Solis Piedrahita

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Tecnólogo Industrial

Asesor

Verónica Isabelle Deibe Blanco

Ingeniera Industrial

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Escuela De Ciencias Básicas Tecnología E Ingeniería

CEAD Santa Marta

2021

## Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

---

Nombre y firma jurado 2

---

Nombre y firma presidente

---

Nombre y firma secretario

---

Una mente que ha sido estirada por nuevas ideas, nunca podrá recobrar su forma original.

(Albert Einstein)

## **Agradecimientos**

Primeramente gracias a Dios por darme el privilegio de tener y disfrutar de mi familia, conformada por mi hermosa esposa e hijos, gracias a mis padres por su apoyo y comprensión, gracias hermanos primos y sobrinos por estar siempre dispuestos a brindarme su apoyo oportuno y desinteresadamente, gracias a la universidad UNAD por darme la oportunidad de formarme y ser una mejor persona, gracias a todos los docentes y personas que fueron partícipes de este proceso de manera directa o indirecta, gracias ingenieros y compañeros de trabajo por ayudarme a lograr con éxito este objetivo.

## Tabla de contenido

	<b>Pág.</b>
Glosario .....	12
Resumen .....	13
Abstract.....	14
Introducción.....	15
Capítulo I: Problema de Investigación .....	17
Planteamiento del problema .....	17
Pregunta Problema .....	18
Objetivos .....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos .....	19
Justificación.....	20
Capítulo II: Marco Referencial .....	21
Antecedentes de la investigación .....	21
Historia del mantenimiento .....	22
Evolución del Mantenimiento.....	23
Tipos de mantenimiento.....	27
Correctivo.....	27
Preventivo .....	29
Modificativo .....	31
Predictivo .....	33
Capítulo III: Marco Metodológico .....	37
Tipo de Estudio .....	37
Técnica e Instrumento De Recolección de Datos .....	38
Técnicas para la Recopilación de Información.....	39
Fuentes Primarias .....	39
Fuentes secundarias.....	41
Desarrollo de Encuestas.....	42
Conclusiones de la Implementación de las Encuestas.....	47
Capítulo IV: Descripción de la Situación de La Empresa DC Ferrocarriles S.A.S .....	48

Descripción de la Empresa DC Ferrocarriles S.A.S .....	48
Misión .....	49
Visión.....	49
Políticas de Calidad .....	49
Descripción de Procesos de Actividades de Mantenimiento de Locomotoras.....	49
Diagrama de Flujo de las Actividades de Mantenimiento .....	51
Secciones o Departamentos del Taller.....	52
Métodos de Reparación.....	53
Capítulo V: Implementación de Indicadores de Proceso de Mantenimiento De Locomotoras DC Ferrocarriles .....	54
Justificación del Uso De Indicadores en el Proceso de Mantenimiento de Locomotoras de La Empresa DC Ferrocarriles.....	54
Tipos de Indicadores a Utilizar .....	54
Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF .....	54
Tiempo medio Entre reparaciones - MTTR .....	56
Implementación de Indicadores en DC Ferrocarriles .....	57
Capítulo VI: Elaboración de la Herramienta Informática para el Área de Mantenimiento de la Empresa. 60	
Descripción de la Herramienta .....	60
Instructivo Manejo de Herramienta .....	61
Pantalla de inicio .....	62
Ingresos.....	62
Tablas .....	62
Programación.....	66
Trabajos.....	67
Hoja de vida .....	70
Mantenimientos realizados por equipos .....	72
Cambio de componentes por equipo .....	73
Daños por sistemas .....	74
Bases indicadores.....	75
MTBF - Fallas por equipo .....	76
MTTR – Fallas por equipo.....	77
Número de fallas por equipo .....	78
Tiempo de inactividad por fallas .....	79

Formatos .....	80
Check List 45 días .....	80
Check List 90 días o 3 meses .....	81
OT u Orden de Trabajo.....	82
Resultados Obtenidos .....	83
Conclusiones .....	86
Recomendaciones.....	88
Referencias Bibliográficas .....	89

## Índice de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Concepto de Mantenimiento.....	266
Figura 2. Tipos de Mantenimiento .....	277
Figura 3. Mantenimiento Correctivo.....	288
Figura 4. Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo.....	28
Figura 5. Mantenimiento Preventivo.....	300
Figura 6. Ventaja del Mantenimiento Preventivo .....	300
Figura 7. Tipos de Mantenimiento Preventivo.....	31
Figura 8. Mantenimiento Modificativo .....	32
Figura 9. Generador Principal.....	33
Figura 10. Motor de Tracción .....	34
Figura 11. Interruptor de Frenado .....	34
Figura 12. Bomba de Agua Centrifuga .....	35
Figura 13. Ubicación de Componentes en la Locomotora .....	35
Figura 14. Análisis Pregunta 1 de la encuesta.....	42
Figura 15. Análisis Pregunta 2 de la Encuesta.....	43
Figura 16. Análisis Pregunta 3 de la encuesta.....	44
Figura 17. Análisis Pregunta 4 de la encuesta.....	45
Figura 18. Análisis Pregunta 4 de la encuesta.....	46
Figura 19. Ubicación y Dirección de Empresa .....	48
Figura 20. Diagrama de Flujo de las Actividades de Mantenimiento .....	51
Figura 21. Pantalla de Inicio .....	62
Figura 22. Frecuencia de PM .....	63

Figura 23. Tipo de PM .....	64
Figura 24. Reprogramaciones .....	64
Figura 25. Ingreso de Componentes.....	65
Figura 26. Programación.....	66
Figura 27. Trabajos Realizados.....	67
Figura 28. Actividad Desarrollada .....	68
Figura 29. Componentes y selección de sistemas .....	68
Figura 30. Observaciones de los Trabajos y Reprogramaciones .....	69
Figura 31. Menú Hoja de Vida.....	70
Figura 32. Actualización de la Información.....	71
Figura 33. Mantenimiento Realizados por Equipos .....	71
Figura 34. Reporte Mantenimiento Realizados por Equipos .....	72
Figura 35. Cambio de Componentes por Equipo .....	73
Figura 36. Figura 36. Daños por Sistemas .....	74
Figura 37. Ingreso de Información para Indicadores MTBF y MTTR .....	75
Figura 38. MTBF - Fallas por Equipo.....	76
Figura 39. MTTR – Fallas por Equipo.....	77
Figura 40. Numero de Fallas por Equipo .....	78
Figura 41. Tiempo de Inactividad por fallas .....	79
Figura 42. Check List 45 Días .....	80
Figura 43. Check List 90 Días o 3 meses.....	81
Figura 44. Check List 180 días o 6 meses.....	81
Figura 45. Check list 180 Días.....	82
Figura 46. OT u Orden de Trabajo.....	82

## Índice de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Generación del Mantenimiento.....	25
Tabla 2. Objetivos del Mantenimiento.....	26
Tabla 3. Análisis Pregunta 1 de la encuesta.....	43
Tabla 4. Análisis Pregunta 2 de la encuesta.....	44
Tabla 5. Análisis Pregunta 3 de la encuesta.....	45
Tabla 6. Análisis Pregunta 4 de la encuesta.....	46
Tabla 7. Análisis Pregunta 5 de la encuesta.....	47
Tabla 8. Tipos de Indicadores a Utilizar.....	59
Tabla 9. Resultados Esperados.....	83
Tabla 10. Control de Actividades.....	84
Tabla 11. Recursos y Gastos.....	85

**Índice de Anexos**

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Socialización de la Herramienta.....	95
Anexo 2. Lista de Personal .....	95
Anexo 3. Libro de Actas y Anotaciones .....	96
Anexo 4. Certificado de proyecto .....	97

## Glosario

### **Mean Time Between Failures (MTBF).**

“Tiempo Medio Entre Fallos, es un indicador que representa el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas” (Mora, 2009, p. 37). Dicho con otras palabras, muestra de una forma el tiempo promedio en que transcurre una falla y otra, convirtiendo el equipo en operacional o no y viceversa. Para “un período estable en la vida del componente o sistema, el valor medio de la duración de tiempo entre fallos consecutivos contados como la razón del tiempo observado y el número de fallos bajo condiciones estables” (Buitrago Cuellar, 2018, p. 23).

### **Mean Time Through Repair (MTTR).**

“El Tiempo Medio Entre Reparaciones es una medida que indica el tiempo estimado que un equipo estará parado mientras es reparado” (Mora, 2009, p. 44). Dicho de otra forma, es el tiempo promedio en que se efectúa una reparación, haciendo que este regrese a su estado normal.

### **Orden de trabajo (OT).**

Documento administrativo y técnico, conformado por un conjunto de datos relacionados con el trabajo que se realiza o debe realizar a un sistema, equipo o componente, el cual permite realizar la planeación, programación, registro de ejecución, seguimiento, costeo y análisis técnico (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018, p. 37)

## **Resumen**

DC ferrocarriles S.A.S es una empresa dedicada al Mantenimiento de locomotoras y componentes férreos, tales como armarios de control eléctricos, generadores de corriente, motores de tracción, compresores, válvulas neumáticas, motores diésel, y sus partes. DC ferrocarriles S.A.S presta servicio de mantenimiento a empresas del sector férreo siendo una de ellas DRUMMOD Ltda. En Santa Marta se realizan trabajos de reparación de esos componentes, mantenimientos preventivos y correctivos en locomotoras. La empresa DC ferrocarriles S.A.S presenta una serie de dificultades en cuanto al manejo de la información de los trabajos que se realizan a este cliente. El objetivo del presente trabajo es diseñar una herramienta utilizando la hoja de cálculo de Microsoft Excel, así aportar información precisa de los componentes reparados, tiempo de vida útil de los mismos y de los mantenimientos realizados en las máquinas, operario que realiza la labor y tiempos de ejecución. DC ferrocarriles S.A.S, con esta herramienta pretende evaluar la gestión del mantenimiento en sus talleres de prestación de servicios, aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las locomotoras entregadas a la operación y garantizar al cliente la trazabilidad de los mantenimientos realizados a las máquinas, los cuales poseen una gran importancia para la operación, aportando al proceso una mejora continua y sostenible de la empresa.

### **Palabras Claves:**

Máquinas, Locomotora, Confiabilidad, Mantenimiento, Sistemas de Información, Fiabilidad, Mejora Continua.

## **Abstract**

DC railways SAS is a company dedicated to maintenance of locomotives and railway components, such as electrical control cabinets, current generators, traction motors, compressors, pneumatic valves, diésel engines, and their parts, DC railways SAS provides maintenance service to companies of the railway sector, one of them being DRUMMOD Ltda. In Santa Marta, repair work is carried out on these components, preventive and corrective maintenance on locomotives. The company DC Ferrocarriles SAS presents a series of difficulties in terms of handling the information of the work carried out for this client, the objective of this work is to design a tool using the Microsoft Excel spreadsheet, thus providing accurate information on the components repaired, their useful life time and the maintenance carried out on the machines, the operator who performs the work and execution times. DC Ferrocarriles SAS, with this tool aims to evaluate the maintenance management in its service provision workshops, increase the availability and reliability of the locomotives delivered to the operation and guarantee to our client the traceability of the maintenance performed on the machines, which They have great importance for the operation, contributing to the continuous and sustainable improvement process of the company.

### **Keywords:**

Machines, Locomotive, Reliability, Maintenance, Information Systems, Reliability, Continuous Improvement.

## Introducción

El presente trabajo se desarrolla como opción de proyecto aplicado en el área de Mantenimiento férreo, directamente enfocado en el control de la ejecución del Mantenimiento preventivo realizado en las locomotoras intervenidas por la empresa DC Ferrocarriles S.A.S. Como empresa dedicada a la reparación general de locomotoras, mantenimiento preventivo, correctivo y reparación de componentes, con operaciones en diferentes ciudades de Colombia, en la ciudad de Santa Marta presta servicio de Mantenimiento a las locomotoras de la empresa DRUMMOND LTDA.

DC ferrocarriles S.A.S en esta sede no cuenta con un software de mantenimiento, para recepción de los datos de mantenimiento realizados en las locomotoras ni de cambios de repuestos. En la actualidad, existen muchos softwares dedicados al control de mantenimiento, los cuales son asistidos por ordenador para todo tipo de empresa del sector industrial, pero específicamente los dirigidos al mantenimiento ferroviario son de un alto costo.

Esta es la razón, por la cual se pretende desarrollar una herramienta interactiva en el programa de cálculos y reportes. Con la herramienta Excel se pueden controlar los tipos de mantenimiento, los cambios de repuestos, evitando reproceso en las intervenciones o cambios innecesarios de componentes de alto costo, generando la pérdida de recursos valiosos para el cliente. Los técnicos, supervisores y personal administrativo podrán consultar de forma fácil y rápida el historial de las máquinas que se tienen en el programa de mantenimiento, esta herramienta permite al encargado del mantenimiento programar actividades presentes y futuras, también imprimir un plan de mantenimiento preventivo, con la lista de las tareas a realizar en los mantenimientos programados sean de 45 días, 3 meses o 6 meses.

Con el control de datos de los registros de fallas y con la trazabilidad de la ocurrencia de estas, se puede hacer análisis de causa raíz, para buscar y evitar la ocurrencia de forma inesperada; ocasionando pérdida de tiempo operativo de las máquinas en la vía, generando sanciones por el administrador de la vía (FENOCO). Por otro lado, gracias al compromiso de los técnicos, el departamento de supervisión y directivos, se podrá dar el siguiente paso, que es trabajar en la implementación de RCM o *Reliability Centred Maintenance* (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad), esta técnica de mantenimiento desarrollada en Estados Unidos entre los años 60 y 70 inicialmente destinado al sector aeronáutico, que busca mantener los equipos trabajando sin que ocurra un paro inesperados, causados por averías que pudiese detener el proceso productivo de una compañía.

Por sus excelentes resultados se ha replicado en múltiples empresas del área industrial y mineras para mejorar productividad de máquinas e instalaciones.

## **Capítulo I: Problema de Investigación**

### **Planteamiento del problema**

DC Ferrocarriles es una empresa colombiana dedicada al mantenimiento ferroviario, que presta servicio de reparación a equipos del sector industrial en distintas empresas, nacionales y locales. En el departamento del Magdalena le presta servicios de mantenimiento y reparación de equipos a DRUMMOND LTD, una empresa dedicada a la explotación y transporte de carbón, la cual contrata el mantenimiento de sus locomotoras con DC Ferrocarriles por su trayectoria y buen servicio. Para realizar esta labor de prestación del servicio contratado, se requiere de gran cantidad de información que la empresa DC Ferrocarriles debe obtener y recopilar teniendo en cuenta su experiencia y trayectoria en este ramo de la industria del mantenimiento. Para ello, es necesario que se construyan los debidos procedimientos de acuerdo con los procesos pertinentes.

En la actualidad, la empresa DC Ferrocarriles S.A.S no cuenta con el procedimiento de control de los mantenimientos y cambios de repuestos realizados, que permita hacer un seguimiento ágil y oportuno en las locomotoras, a las cuales se le presta este servicio. Al no llevar un registro pormenorizado de esta actividad de mantenimiento, ha generado serias dificultades con la trazabilidad de cambio de componentes, tiempo de vida útil de los repuestos instalados en las máquinas, entre otras. A estas dificultades se le suma que una importante cantidad de información se obtiene de la sede principal de la empresa ubicada en el municipio de Facatativá en el centro del país, lo cual a pesar de los adelantos tecnológicos de comunicación existen demoras en los tiempos de respuesta a los requerimientos, atrasando significativamente la eficiencia en las operaciones en la sede de la empresa en la ciudad de Santa Marta.

Es de anotar, que con la problemática planteada se aumentan los costos de mantenimiento

en valores considerables para la empresa. “Una de las alternativas que tienen este tipo de empresas para la reducción de sus costos es la optimización de su cadena logística” (Trujillo, 2018, p.10). Sin embargo, se estima que con la totalidad de la información acerca del mantenimiento realizado a las maquinas, “la empresa estaría generando una disminución de los costos de mantenimiento, por atención de garantías en un 30% aproximadamente” (dcferrocarriles.com, 2013, párrafo 11). Además de calcular el porcentaje vida útil de los componentes reparados, por tanto, esta información va a permitir generar planes de acción, para optimizar los procesos de reparación de los componentes y realizar mejores análisis de causa raíz.

### **Pregunta Problema**

¿Cómo la empresa DC Ferrocarriles S.A.S, Facatativá Cundinamarca puede mejorar la gestión de los procesos de control de la revisión y el mantenimiento de locomotoras mediante el diseño de una herramienta informática?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar una herramienta informática para la gestión de las actividades de control de la revisión y el mantenimiento de locomotoras de la Empresa DC Ferrocarriles S.A.S, para el registro de la información y apoyo en la toma de decisiones futuras.

### **Objetivos específicos**

Describir la situación actual de las actividades realizadas en el área de Mantenimiento con el fin de estandarizar los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa DC Ferrocarriles S.A.S.

Establecer lineamientos que permitan la creación de indicadores en el área de Mantenimiento de Locomotoras en el Taller de la empresa DC ferrocarriles S.A.S. para evaluar los procesos desarrollados en esta área de la empresa y garantizar la satisfacción del servicio.

Desarrollar la herramienta informática para el control de la programación de los trabajos realizados en los mantenimientos de las locomotoras de la empresa DC ferrocarriles S.A.S. Teniendo en cuenta la información obtenida en la investigación.

Elaborar el instructivo de funcionamiento de la herramienta informática para la futura implementación del mismo.

## **Justificación**

La justificación por la cual se desarrolla este proyecto, es para dar solución a una problemática que se presenta en la empresa DC ferrocarriles S.A.S, con respecto al manejo de los datos, del trabajo de mantenimiento y cambio de componentes realizados en las locomotoras, con el fin de disponer de información precisa, confiable y útil para la toma de decisiones antes y después de las intervenciones realizadas en los equipos por el personal técnico de la empresa. Se desarrollará una herramienta en el programa de cálculos de Excel, que permitirá recolectar, adjuntar y controlar los datos de mantenimiento preventivos, correctivos, cambio de componentes en las locomotoras y programación de estos, permitiendo disponer de los datos al personal técnico, supervisores y departamento administrativo.

Con esta información se pueden programar los mantenimientos y cambio de repuestos, antes que ocurran daños en los equipos, evitando con esto incurrir en gastos innecesarios por desconocimiento de trabajos realizados en intervenciones anteriores; también se pueden evitar daños en los equipos, cambiando a tiempo componentes que ya han cumplido la vida útil de servicio o están próximos a cumplirlo, evitando costos de mantenimientos en trabajos adicionales por fallos inesperados en las máquinas. Esta herramienta se puede ir mejorando con sugerencia de los técnicos, supervisores y administrativos conforme se presenten necesidades adicionales. El éxito de que esta herramienta, sea funcional y útil al 100 por ciento radica en el compromiso de que todo el equipo, estén diligenciando correctamente la información.

## Capítulo II: Marco Referencial

### Antecedentes de la investigación

En la actualidad, existen muchos softwares especializados en el control de mantenimiento industrial: “ORACLE, SISMAC, CMMS, EASYMAINT, GMAO, CMMS son los más usados hasta el momento, estos softwares de gestión de mantenimiento hacen posible realizar un control programado asistido por ordenador en las instalaciones industriales” (Lamas Sanchez, 2017, párrafo 3). Sus costos son muy elevados y la empresa DC Ferrocarriles S.A.S por el momento no dispone de presupuesto para esta inversión. En otras palabras, se propone el diseño bajo una herramienta de Excel, así se podrá controlar los trabajos realizados por la empresa DC Ferrocarriles S.A.S, dirigidos al mantenimiento de locomotoras y sus partes para beneficio de la misma y sus clientes.

Una de las expectativas más grandes para la empresa DC Ferrocarriles S.A.S es la gestión de las fallas de los equipos, mediante la aplicación de alguna metodología, que permita realizar un auto aprendizaje; basada en las experiencias vividas de la empresa y mediante la captura de esta información, relevante para el análisis correspondiente. Esta propuesta, está encaminada a la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, y según Moubray. (2004) “consiste en el estudio de los equipos en los modos de fallo de los componentes de la maquinaria para determinar los tiempos de falla con el fin de programar su mantenimiento oportuno y el equipo sea mayormente confiable” (pág. 31). Esta metodología, permitirá definir estrategias y requerimientos en el mantenimiento de los equipos, respondiendo a preguntas que el analista debe responder, llegando así a la causa raíz del problema.

Basados en esta metodología RCM o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, puede llegarse a la atención de equipos de una forma eficiente, creando listas de apoyo técnico, con un diagnóstico de la falla o causas probables en el equipo; bajo la herramienta de Excel, como un cuadro de mando integral (*Balanced scorecard*), “una técnica de medición y evaluación de resultados que se basa, precisamente, en la necesidad de medir para poder administrar (Echávarri Otero, Muñoz Sanz, & Batista Paz, 2014, P. 35)”. Se puedan aplicar soluciones más acertadas, siendo esta el apoyo de cualquier analista de mantenimiento, apuntando a la construcción de una buena comunicación, mejorar la visión, la planificación, el establecimiento de los objetivos y la estrategia que se utilizará.

### ***Historia del mantenimiento***

Alrededor del año 1914, el mantenimiento no tenía mucha importancia, el cual era ejecutado por el mismo personal de producción. Desde hace mucho tiempo el mantenimiento ha sido realizado sin darnos cuenta, arreglar algo que se averió o se encuentra *Down*, es lo que el ser humano realizaba. Con la llegada de la Primera Guerra Mundial, las fábricas tuvieron que establecer programas de producción mínimos por lo que empezaron a sentir la necesidad de crear equipos que pudieran realizar el mantenimiento de máquinas en el menor tiempo posible (Mora, 2009, p. 25). Esto limitaba la cantidad de productos a producir, afectando la calidad de estos, generando costos muy altos y creando pérdidas en algunos productos.

Por otro lado, al llegar la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), nuevos conceptos fueron apareciendo, basados en el mantenimiento de los equipos, la toma de tiempos y el seguimiento a ellos en condición operativa. “Uno de estos conceptos es la fiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas, por ejemplo; condiciones de presión, temperatura, velocidad,

tensión, nivel de vibraciones, etc.)” (García, 2009, p.23). En el momento que el equipo era sometido a condiciones de trabajo específicas, este continuaba operando durante más tiempo sin fallar; así se comenzó a monitorear las condiciones del mismo.

Con el fin de que la empresa DC Ferrocarriles S.A.S alcance un nivel de Mantenimiento, es decir, un nivel táctico, deberá implementar estrategias que evolucionen el mantenimiento dentro de sus instalaciones, hasta llegar a una de las metodologías; una de ellas surge alrededor de los años 50 el TPM o Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance), que tiene como objetivo “la eliminación de pérdidas en el equipo, llegar a las cero averías, incrementar la productividad y calidad, y la disminución de accidentes y defectos del producto” (Zapata, 2011, P. 26). Esta metodología ayuda a la empresa DC Ferrocarriles S.A.S a cumplir con su objetivo principal.

### ***Evolución del Mantenimiento***

Desde el comienzo, las herramientas fabricadas a mano para la caza de animales se desgastaban e incluso se dañaban; a medida que fueron pasando los años la curiosidad del ser humano lo llevó a perfeccionar dichas herramientas. Con esfuerzo y dedicación, estas se convirtieron en máquinas de gran producción, acelerando los procesos y solicitando como necesidad primordial su asistencia cuando estas se detenían. Con el fin de buscar un producto de buena calidad, el cual se mantuviera en las manos del cliente por mucho tiempo, las personas dedicadas al mantenimiento tenían que mantener los equipos con un alto grado de confiabilidad, haciendo que su vida útil se alargara; pasando de un Mantenimiento Correctivo a un Mantenimiento Preventivo.

Sin embargo, en muchas empresas medianas y pequeñas, es considerado que para resolver los problemas de mantenimiento solo es necesario tener lo básico para este, ignorando

que hay sistemas que necesitan de la mano de un analista de mantenimiento como apoyo fundamental, siendo este una pieza clave en la programación del mantenimiento de los equipos, según el libro mecánica para ingenieros, “este pretende mantener un equilibrio razonable entre complejidad matemática y generalidad de planteamiento, dedicando atención a cuestiones de interés en ingeniería” (Díaz & Sánchez, 2018, p.160). Para esto se debe tener en cuenta que los equipos presentan fallas ocultas, las cuales se pueden detectar si hay una persona monitoreando esa información; dando así cavidad a que el mantenimiento está orientado a cada modo de falla.

Si bien la empresa DC Ferrocarriles S.A.S, al compararse con empresas de las anteriores características, no tiene una planeación, una secuencia, ni preservación de componentes, su gestión ha disminuido, afectando la productividad y eficiencia del taller. A saber, en libro diseño y gestión de sistemas productivos manifiestan que a través de “aspectos relevantes para la práctica del diseño y la gestión de la producción se derivan también de la experiencia profesional adquirida a través de actividades de consultoría” (Onieva et al., 2017, p.103). Con el fin de buscar una distribución óptima se debe seguir por modelos de otras empresas, de esta forma se obtendrá un mejor rendimiento, el aprovechamiento de espacios muertos y la disminución de tiempo en ciertas actividades.

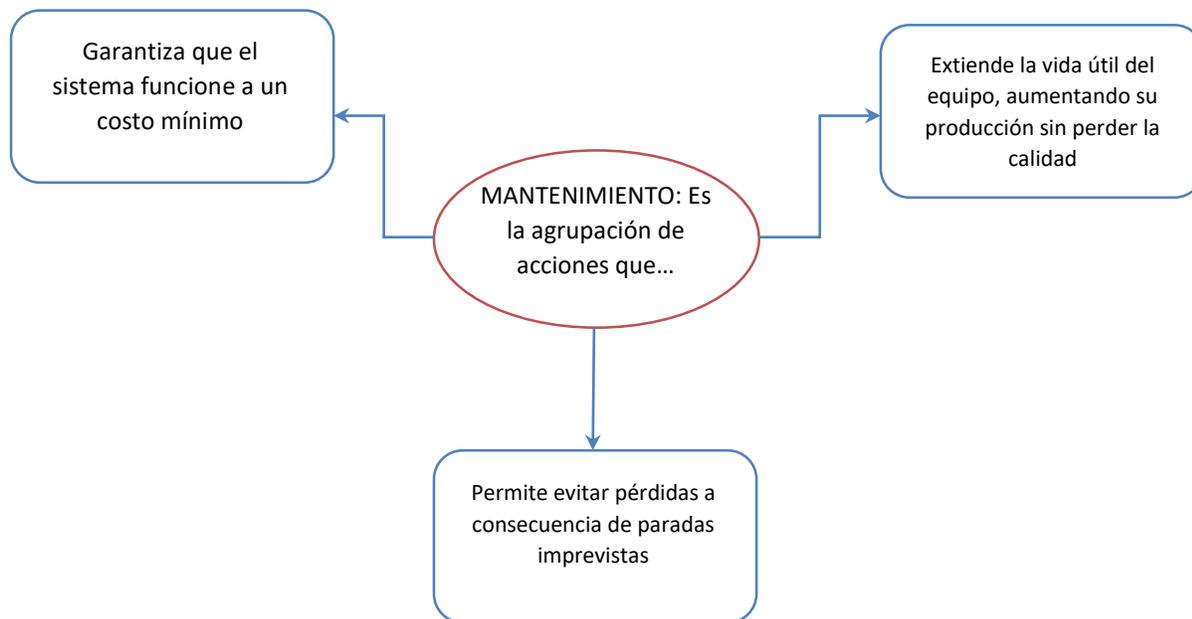
Por otro lado, recordando que una de las cosas que ha realizado el ser humano, en pro de aumentar la productividad y la vida útil de los equipos es realizar el mantenimiento, y al pasar el tiempo y con el manejo de las situaciones que se presentaban con los equipos, le da paso a diferentes modalidades o tipos de mantenimiento, como es el correctivo, preventivo y predictivo, creando así una generación del mantenimiento. (Ver tabla 1.)

**Tabla 1***Generación del Mantenimiento*

<b>Generación</b>	<b>Época en que aparece</b>	<b>Principales Fundamentos</b>
Primera Generación	Desde el inicio de la Revolución Industrial	Mantenimiento Correctivo puro
Segunda Generación	A partir de la Segunda Guerra Industrial	Mantenimiento Preventivo Sistemático
Tercera Generación	Década de los 80	Mantenimiento Predictivo o por Condición Análisis de fallos RCM TPM
Cuarta Generación	Década de los 90	World Class Management y la eficacia en la gestión
Quinta Generación	Siglo XXI	Terotecnología. Visión técnica económica de los activos del costo del ciclo de vida

**Fuente:** Recuperado de García Garrido, La contratación del mantenimiento industrial, 2010.

Ante todo, el mantenimiento, “es el conjunto de actividades destinadas a mantener o a restablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir con una función requerida” (Mora, 2009, p. 20). Bajo una condición de Planeación, el mantenimiento, desde un punto de vista táctico, va formado estratégicamente con solicitudes de trabajo a los equipos, con el fin de fortalecer las estrategias utilizadas por la empresa.

**Figura 1.***Concepto de Mantenimiento*

**Fuente:** Recuperado de García Garrido, La contratación del mantenimiento industrial, 2010.

Ante todo, es primordial tener en cuenta los objetivos a los cuales del mantenimiento está enfocado. Alguno de ellos puede ser:

**Tabla 2***Objetivos del Mantenimiento.*

Objetivos del Mantenimiento	Producir al máximo contando con la disponibilidad de equipos
	Reducir al máximo la aparición de averías
	Superar la calidad exigida por producción
	Saber conservar y distribuir la energía del sistema
	Conservar el Medio Ambiente
	Salvaguardar la Integridad de las personas

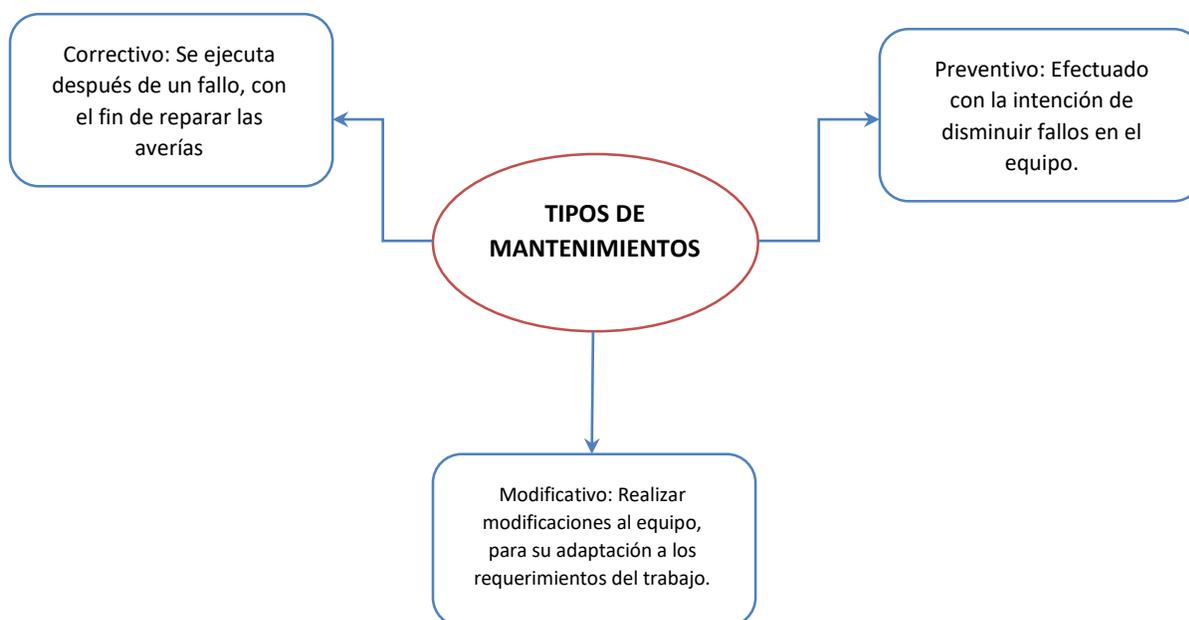
**Fuente:** Recuperado de García Garrido, La contratación del mantenimiento industrial, 2010.

### ***Tipos de mantenimiento***

Según lo antes visto, nace la necesidad de diferenciar los tipos de mantenimientos, como estrategia clave de este. En el libro Problemas de Mecanismos Señalan que “analizando casos ya esquematizados y realizando estudios concretos sobre ellos” (Echávarrri et al., 2018, p. 125) se puede lograr que dichos equipos puedan tener un mejor rendimiento y productividad; siendo este objetivo primordial de la empresa DC Ferrocarriles S.A.S. Estos tipos de mantenimientos son:

### **Figura 2**

#### *Tipos de Mantenimiento*



**Fuente:** Recuperado de Carcel Carrasco, 2014.

### ***Concepto de Mantenimiento***

#### ***Correctivo***

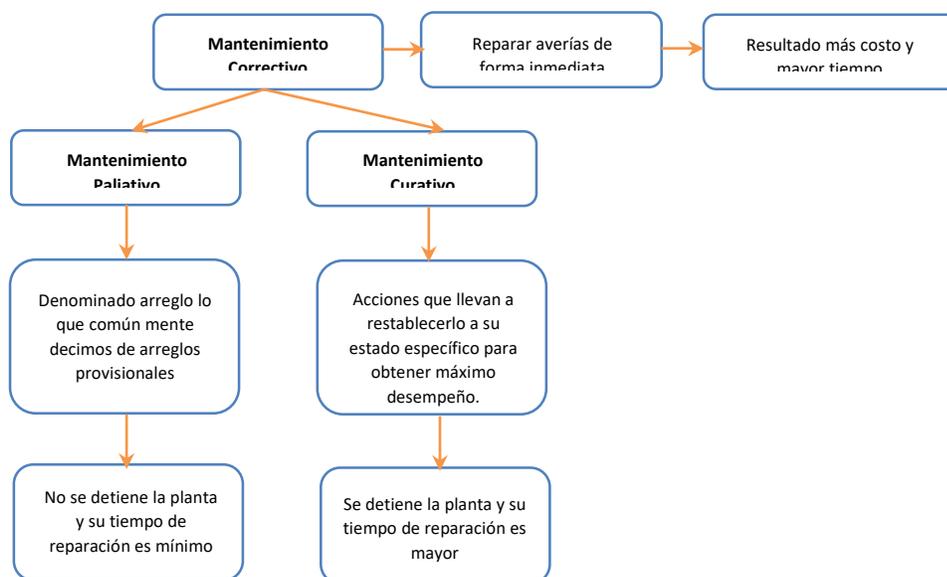
Este tipo de mantenimiento tiene como finalidad corregir cualquier defecto presente en el equipo, al localizar defectos para su corrección inmediata o programada; se lleva a cabo bajo dos tipologías, Mantenimiento correctivo no planificado o de emergencia y Mantenimiento

correctivo planificado, para “la adecuada ejecución de las actividades de mantenimiento, es necesario conocer las características mecánicas y tractivas más importantes” (Buenaño, 2016, p. 10). Dimensionando el proceso, buscando así la optimización de este y el aprovechamiento de los recursos.

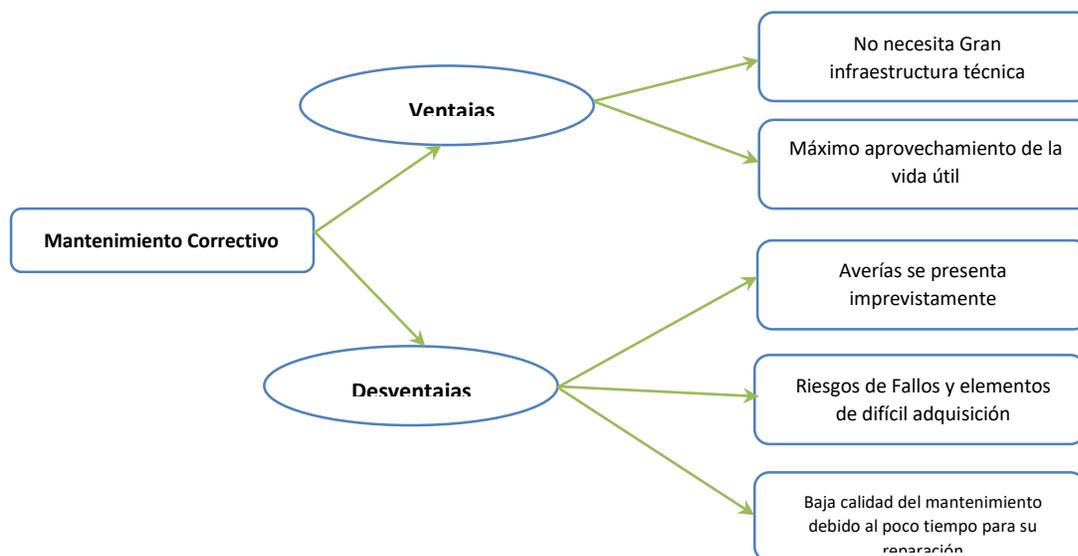
Para el primer caso, el no planificado ocurre cuando hay algún tipo de urgencia o imprevisto y se deben tomar decisiones para que el equipo vuelva a operación. En el segundo caso, el planificado, se prepara todo con antelación, el personal, repuesto y documentos relacionados a las fallas encontradas; además “teniendo en cuenta el material, su tratamiento térmico, la calidad de su fabricación y montaje, así como las condiciones de funcionamiento” (Lafont et al., 2015, p. 125). Se podrá tomar decisiones más acertadas en cuanto su operación o cambio del componente, si afectar la producción a futuro.

**Figura 3**

*Mantenimiento Correctivo*



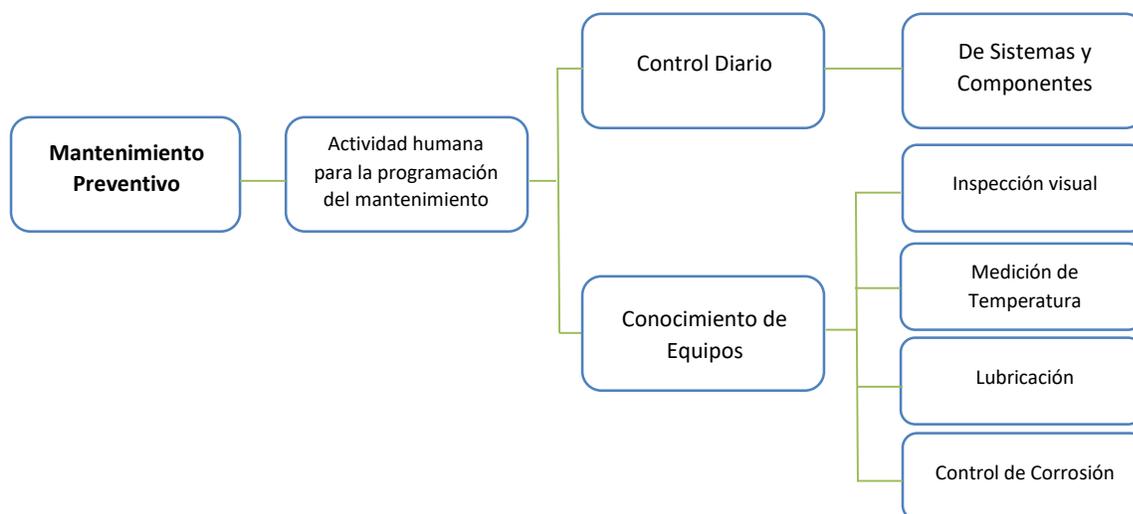
**Fuente:** Recuperado de García Garrido, La contratación del mantenimiento industrial, 2010.

**Figura 4***Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo*

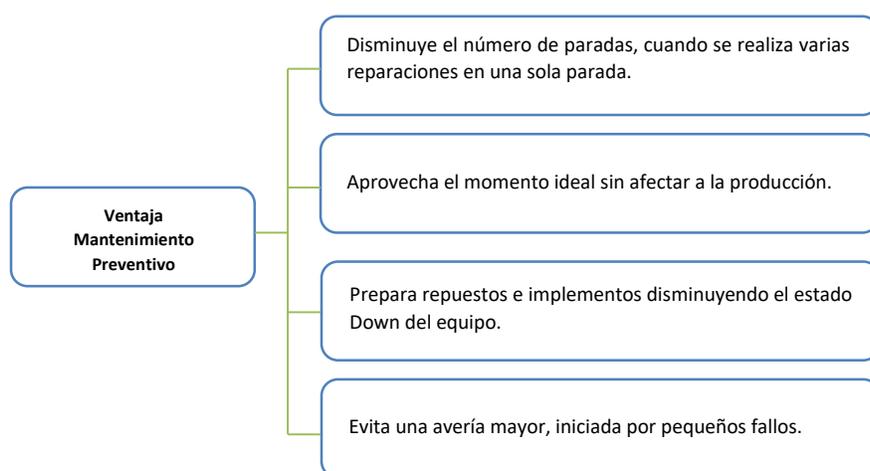
**Fuente:** Recuperado de García Garrido, La contratación del mantenimiento industrial, 2010.

***Preventivo***

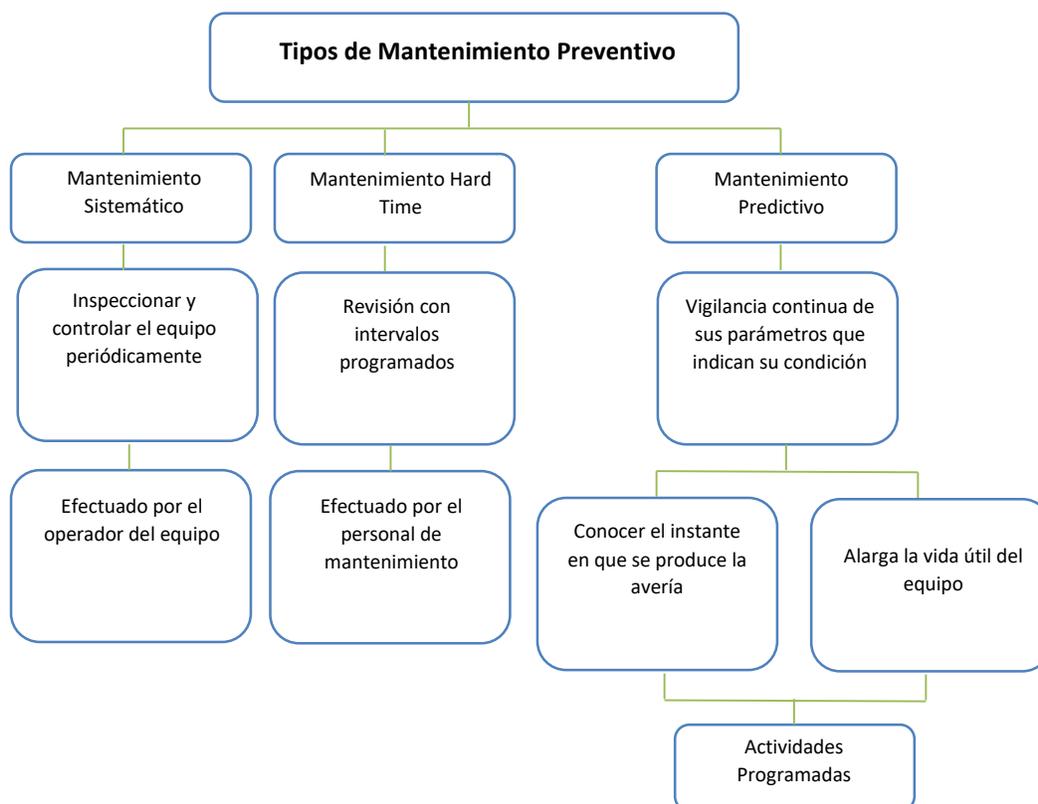
Esta se puede definir como una técnica, la cual incluye inspecciones planificadas y su enfoque está basado en contar las fallas, controlarlas, corregirlas para que el funcionamiento del equipo sea más fiable y eficiente, “para lograr la máxima eficiencia y el mayor periodo de vida útil para los equipos pertenecientes a los bancos de prueba, es necesario una reestructuración de las estructuras mecánicas consistente en mantenimiento general” (Gual & Mora, 2002, p. 24). Es aquí donde es necesario contar con una lista de chequeo, controles de precisión para atacar todo antes de que produzca un daño mayor.

**Figura 5***Mantenimiento Preventivo*

**Fuente:** Recuperado de García Garrido, *Mantenimiento Correctivo Organización y gestión de la reparación de averías*, 2009.

**Figura 6***Ventaja del Mantenimiento Preventivo.*

**Fuente:** Recuperado de García Garrido, *Mantenimiento Correctivo Organización y gestión de la reparación de averías*, 2009.

**Figura 7***Tipos de Mantenimiento Preventivo*

**Fuente:** Recuperado de García Garrido, *Mantenimiento Correctivo Organización y gestión de la reparación de averías*, 2009.

***Modificativo***

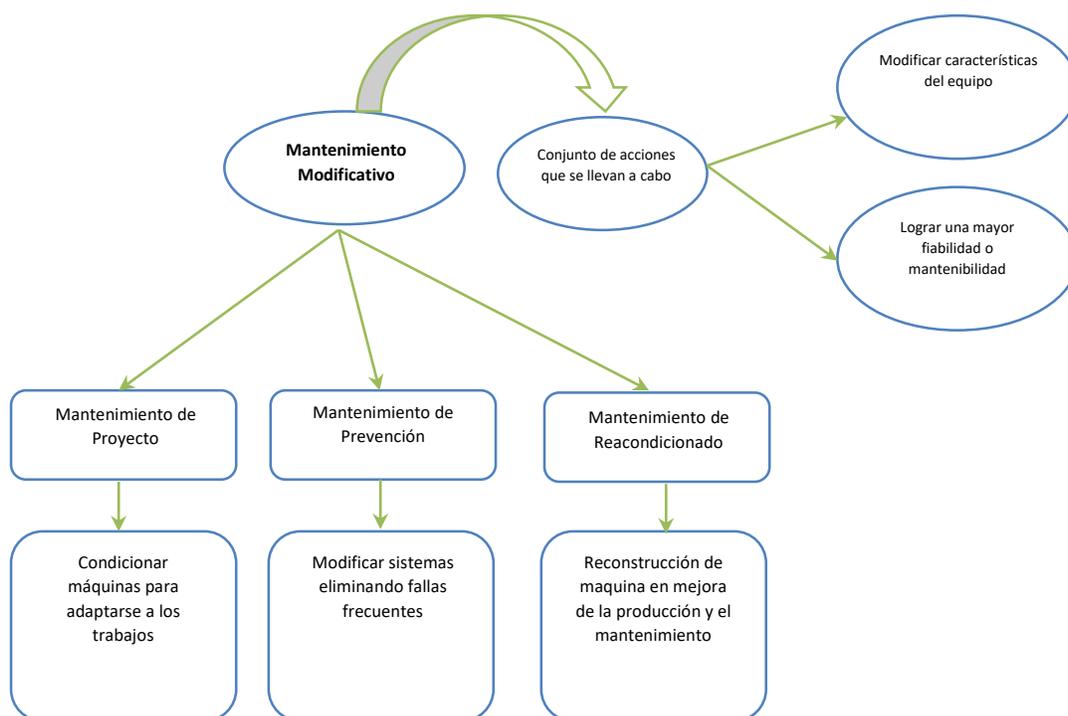
Clasificado como un subtipo de Mantenimiento, dentro el mantenimiento preventivo, se enfoca de forma imprescindible en anticiparse antes de que una falla surja, además de mejorar el diseño de sus instalaciones para conseguir una disponibilidad de equipos más rápida. Antes de que un equipo inicie su descenso o vejez, es conveniente tener claro que se debe realizar en esas etapas del mantenimiento. Como primera oportunidad, cuando el equipo inicia, es decir, nace para la operación adaptándose a ella, es recomendable que la empresa tenga en cuenta el punto

de vista de mantenimiento, de esta forma no tendrá dificultades a futuro y no afectará su disponibilidad.

La segunda de ellas es en su madurez, donde se busca la eliminación completa de ciertas fallas, llamándose prevención. “A lo largo de su ciclo de vida cada sistema pasa por diferentes fases. La última de ellas es la de construcción y puesta en marcha, hasta que se alcanza el régimen normal de funcionamiento” (Muñoz , 2002, p. 2). Al final, cuando un equipo entra a la época de vejez, donde inicia su reparación más profunda, realizando mejoras al equipo puede ampliarse su vida útil.

## Figura 8

### *Mantenimiento Modificativo*



**Fuente:** Recuperado de García Garrido, Mantenimiento Correctivo Organización y gestión de la reparación de averías, 2009.

### ***Predictivo***

Como técnica basada en la inspección, se puede pronosticar o predecir que fallas más recurrentes en el proceso del equipo se pueden presentar, es decir, al identificar ciertas variables o parámetros de comportamiento como el ruido, temperaturas, vibraciones, entre otros, se podrá dar un tiempo de duración antes de que ocurra una falla mayor. Apoyados con tecnología avanzada permiten un monitoreo en tiempo real. “Este es el mantenimiento en que solamente se va a componer una máquina cuando se sabe que presenta una falla” (Cherres & Ñauta, 2015, p. 2). Ayudando a la mejora de la confiabilidad y a tener la flota de equipos disponibles para la operación, tomando este un valor importante dentro de las actividades rutinarias de seguimiento de dichos parámetros dentro del proceso de mantenimiento. Algunos componentes a los cuales se les hacen Mantenimiento.

El generador Principal convierte la potencia mecánica en potencia eléctrica, la cual se utiliza para impulsar los motores de tracción.

### **Figura 9**

*Generador Principal.*



**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

**Figura 10**

*Motor de Tracción.*



**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

El interruptor de Frenado es el interruptor de potencia se controla eléctricamente, el cual se conecta las parrillas de resistencia a través de las armaduras de los motores de tracción.

**Figura 11**

*Interruptor de Frenado*



**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

La Bomba de Agua Centrífuga, es de tipo impulsor abierto, hace circular agua a través del sistema de enfriamiento.

**Figura 12**

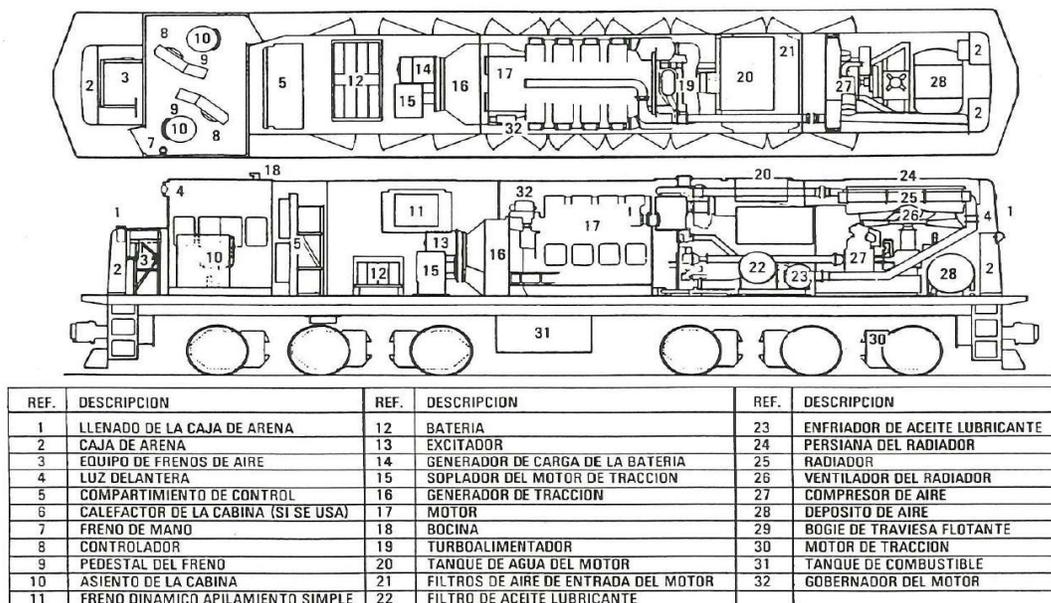
*Bomba de Agua Centrífuga.*



**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

Figura 13

## Ubicación de Componentes en la Locomotora



**Fuente:** Gevisa - GE - Entrenamiento Motor Diesel.

### Capítulo III: Marco Metodológico

#### Tipo de Estudio

La investigación descriptiva se encarga de puntualizar las características de la población que está en estudio. Esta metodología se centra más en el “qué”, en lugar del “por qué” del sujeto de investigación, y la predictiva tiene como propósito principal de esta investigación es predecir la dirección futura de los eventos investigados, manifiestan que “el tipo de investigación se refiere a la estrategia que será adoptada para responder al problema de investigación” (Morales & Morales, 2009, p. 230). La cual se distingue y es encargada de la descripción de los acontecimientos.

Esta predicción de situaciones se hace a partir de estudios detallados del progreso de los eventos, la relación con el contexto, las acciones de las personas que intervienen en estos y el estudio de probabilidades de que se presenten algunos eventos, comenta que “una investigación descriptiva tiene como objetivo la descripción precisa del evento de estudio. Este tipo de investigación se asocia al diagnóstico” (Hurtado de Barrera, 2000, p. 540), en donde se deben examinar todas las características y la revisión de las fuentes, buscando cambios en el comportamiento para ser sometidos a análisis profundos.

De acuerdo con la definición anterior, Hurtado de Barrera. (2000) expresa que “en la investigación descriptiva el propósito es exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características. De modo tal que en los resultados se pueden obtener dos niveles, dependiendo del fenómeno y del propósito del investigador” (pág. 544). El trabajo se ubicó en el nivel descriptivo, puesto que se procedió a recopilar toda la información relacionada a través de

indicadores con el Diseño y la Sistematización de la información para el Control, Revisión y Mantenimiento de Locomotoras de la Empresa DC Ferrocarriles, Facatativá Cundinamarca.

### **Técnica e Instrumento De Recolección de Datos**

Cuando se hace referencia a la recolección de datos o información necesaria con el fin de obtener los resultados propuestos, se enfoca en la gran diversidad que hay, como herramientas que le pueden servir al analista a entender lo que está ocurriendo, alguna de ellas enfocadas a las entrevistas, cuestionarios, la observación, entre otros, siendo estas las más usuales, En el libro metodología de investigación comentan que “se implementaron técnicas de observación y encuestas generales; una vez realizados los cuestionarios de sustrajo una muestra aleatoria con el fin de recaudar información” (Ñaupas et al., 2014, p. 175), estableciendo contacto de forma directa, con la posibilidad de obtener interrelación con los técnicos que están involucrados directamente en el proceso, pretendiendo alcanzar la información necesaria para un buen análisis.

Inicialmente, con base en el método inductivo, se ejecuta una observación profunda a las situaciones que se presentaban en las actividades diarias de ejecución de los mantenimientos, a partir de este análisis de hechos, se profundiza más con las fuentes primarias y secundarias, manifiestan que “de nada sirve contar con un buen método y mucho entusiasmo, si no se sabe qué investigar” (Hernández et al., 2014, p. 40). Dicha estrategia, genera premisas bajo un razonamiento que son bases fundamentales para una buena conclusión.

Al identificar dicha población, como fuente primaria compuesta por 24 técnicos entre sus especialidades Técnico Electricista, Técnico Freno Aire, Técnico de Tracción y Técnico Motor Diesel, se puede recolectar desde sus puntos de vista el problema que se percibe y llegar a la causa raíz del problema principal, en búsqueda de una pronta solución. Según la Metodología Integral Innovadora para Planes y Tesis “el método es equivalente a una estrategia nueva, y el

sistema es equivalente a una estrategia repetitiva ya probada, segura” (Caballero Romero, 2014, p. 80), donde se ponen en práctica los procedimientos, los cuales a su vez son actualizados, dándole importancia al proceso como tal.

Por otro lado, las fuentes secundarias utilizadas en la investigación se obtendrán de información generada por otros estudios referentes a la problemática detectada. comentan que “a través del conocimiento empírico, el hombre común conoce los hechos y su orden aparente, tiene explicaciones concernientes a las razones de ser de las cosas” (Guerrero & Guerrero, 2014, p.23). Con esto se obtiene la experiencia necesaria, para así aplicarlo dentro de las actividades de rutina diaria.

### **Técnicas para la Recopilación de Información**

Como instrumento de recolección de la información, se estructuró una encuesta enfocada a la búsqueda del problema raíz, de las demoras que se presentan en el mantenimiento de las Locomotoras, donde el personal técnico y supervisores den su opinión precisa. Según Rivera & Hernández. (2010) se puede “revelar datos significativos, de una forma objetiva y directa, rápida y sencilla, datos fidedignos y confiables para la ejecución de la investigación” (pág. 35). Este proceso permite responder las preguntas planteadas y evaluar los resultados. La encuesta como medio o instrumento de recolección, permite de una forma general, facilitar que salga a la luz el problema que se presenta, ya que esta información la podemos obtener de un grupo de personas, sin llegar a una discusión entre ellas.

### ***Fuentes Primarias***

La empresa DC Ferrocarril S.A.S, es la encargada del Mantenimiento de las Locomotoras para el transporte de carbón desde las minas de Calenturita, al cliente y proveedor Drummond, el cual suministra los materiales que se utilizaran en los PM de las Locomotoras. Cabe recordar que

la organización no lleva un seguimiento detallado de las clases de fallas que presentan dichos equipos, y un plan de acción para poder mirar cómo se deben disminuir, usando un mantenimiento inteligente, la empresa podrá identificar el problema raíz, y así ver la Gestión del Mantenimiento de forma Integral. En el momento que una Locomotora ingresa a la Nave, se deberían tener tanto los datos de información del equipo, su tipo de PM a realizar con sus respectivos componentes, el cual no es así, este equipo ingresa y no se encuentra ninguna de las anteriores, se debe esperar a que se organice todo.

Desafortunadamente cuando no se controla todo, se pierde; en este caso, cuando hay un defecto y no se atiende como debe ser, se traen más defectos, convirtiendo este Mantenimiento de Preventivo a Correctivo, y cuando este es muy frecuente o fallas varias veces se presenta como una Mortalidad Infantil, es decir:

Averías que se producen al principio del tiempo de utilización de un sistema, equipo, componente o parte, este periodo se caracteriza por una tasa de fallas elevada que aparecen prematuramente debido a errores de diseño, de fabricación, de instalación, de arranque inadecuado o de aplicación equivocada, entre otras (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018, p. 36) Su rata de falla depende de la habilidad y cultura de la empresa.

Un defecto no atendido es considerado una desviación al trabajo entregado con calidad, esto asociado a la pérdida de la producción de la empresa cliente, ya que un equipo cuando presenta fallas en la vía debe ser atendido por otro, creando demoras consideradas. Por consiguiente, en la actualidad la empresa DC Ferrocarril no tiene una herramienta que le ayude a optimizar la información de los equipos, a la cual le presta sus servicios, esta depende de la información que le suministre la empresa Drummond, es por eso que se pretende unificar toda la

información que actualmente se tiene dispersa de los mantenimientos de dichos equipos en un solo archivo.

### *Fuentes secundarias*

Con respecto a la información que se necesita, para crear los indicadores de mantenimiento, a veces hay miles de datos, y no se sabe cómo darle tratamiento al mismo; esto puede convertirse en información útil o generar demorar dentro del proceso. Dentro de “los problemas a los que se enfrenta un responsable de mantenimiento, es la selección de un pequeño grupo de indicadores numéricos que le aporten información útil para obtener una visión sobre la evolución del mantenimiento en un determinado periodo” (IRIM, 2015, párrafo 1).

Dicho de otra manera, da responsabilidad al sistema que sea medido y corregido. comenta que “los indicadores de gestión de mantenimiento, denominados a veces KPI (Key Performance Indicators) son valores numéricos que, si están bien seleccionados, reflejan la situación y la evolución de un departamento de mantenimiento” (Moubray, 2004, p. 66) para llegar a la creación de estos KPI o indicadores de mantenimiento.

Para el desarrollo del proyecto, se analizan las preguntas propuestas en la encuesta realizada a las 24 personas involucradas en el proceso de mantenimiento de Locomotoras. De este análisis se desprenderán ideas las cuales llevarán a buscar la solución del problema que se presenta. Aplicando la implantación estratégica “en función de factores como la capacidad del equipo directivo para estimular la actividad de recursos humanos para alcanzar eficazmente las metas planteadas” (López, 2017, p. 44). Bajo este conjunto de características se permitirá su cumplimiento, rendimiento y el logro de los objetivos.

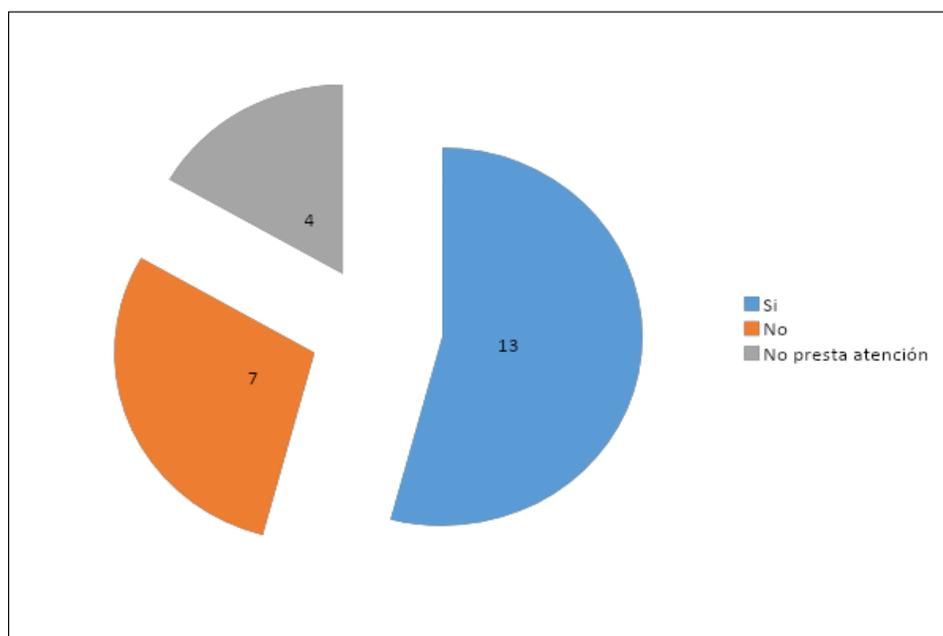
## Desarrollo de Encuestas

Se encuesta a los técnicos para evaluar la percepción que tienen con respecto al problema detectado respecto de las actividades de mantenimiento de locomotoras.

**Pregunta 1:** Ha notado problema al momento de iniciar el PM de una Locomotora ingresa a la Nave a su Mantenimiento Programado.

### Figura 14

*Análisis Pregunta 1 de la encuesta.*

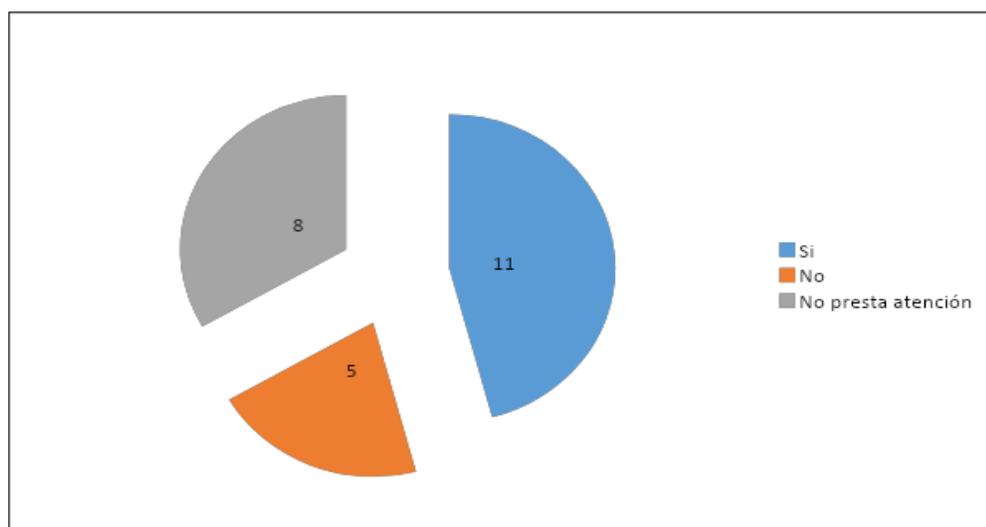


**Fuente:** Elaboración Propia.

Dentro del análisis que se realiza a la pregunta planteada se encuentra que el 54.17 % de la población está atenta a los problemas que se presentan al momento de iniciar el PM de una Locomotora; el otro porcentaje no está atento al inicio de los PM.

**Tabla 3***Análisis Pregunta 1 de la encuesta*

% Si	% No	% No presta atención	% Total
54,17	29,17	16,66	100,00

**Fuente:** Elaboración Propia.**Pregunta 2** Este tipo de problema le ha ocasionado realizar retrabajos a la misma Locomotora.**Figura 15***Análisis Pregunta 2 de la Encuesta***Fuente:** Elaboración Propia.

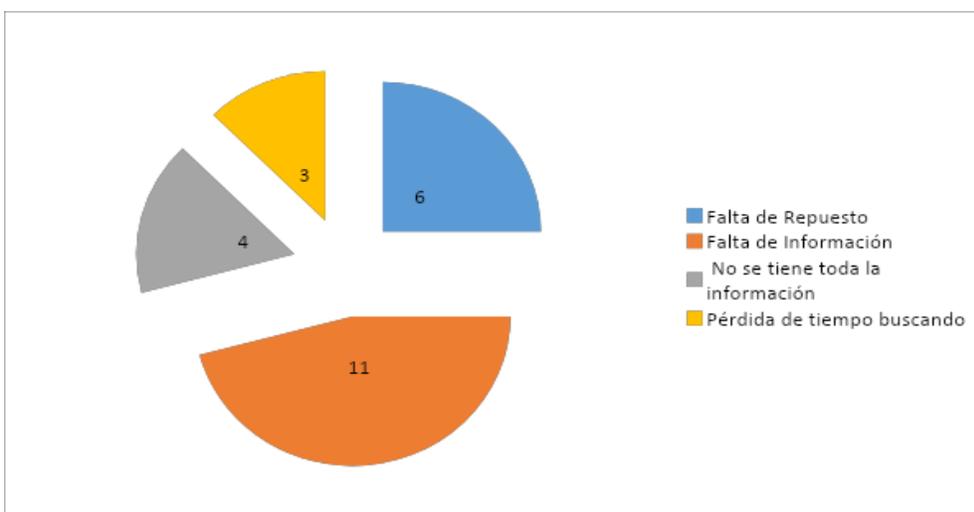
El análisis realizado a la segunda pregunta se enfoca un 45.83% de la población está atento al tipo de problema que le ha ocasionado realizar retrabajos a la misma Locomotora. A pesar de que en la pregunta anterior el 54.17 % de la población está atento a los problemas que se presentan al momento de iniciar el PM de una Locomotora.

**Tabla 4***Análisis Pregunta 2 de la encuesta*

<b>% Si</b>	<b>% No</b>	<b>% No presta atención</b>	<b>% Total</b>
45,83	20,83	33,34	100,00

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Pregunta 3:** Seleccione uno o unos de los problemas que se presenta cuando una Locomotora ingresa a la Nave a su mantenimiento programado.

**Figura 16***Análisis Pregunta 3 de la encuesta***Fuente:** Elaboración Propia.

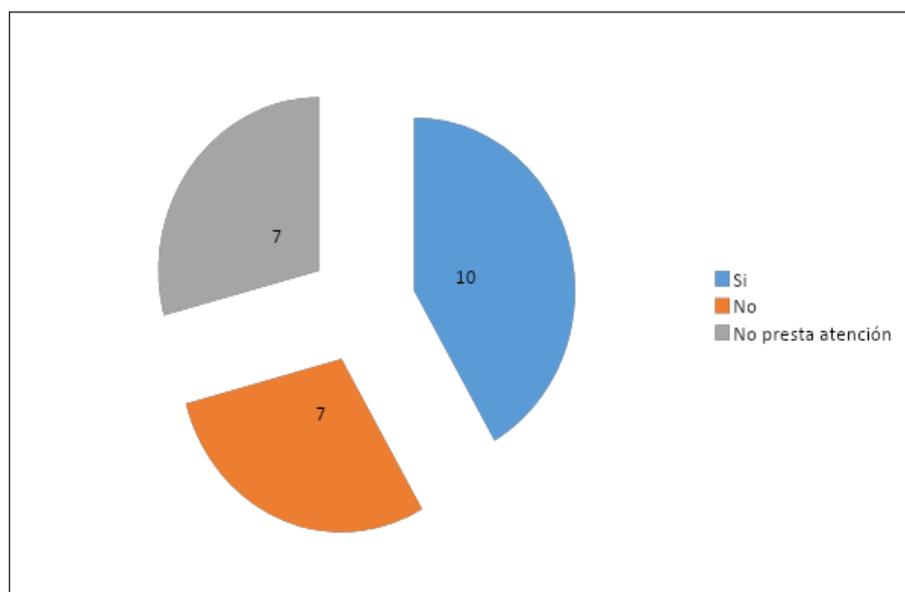
El análisis de la pregunta planteada identifica que el 25% está asociado a los problemas de falta de repuesto, cuando una Locomotora ingresa a la Nave a su mantenimiento programado. El 45.83% se asocia a la falta de información.

**Tabla 5***Análisis Pregunta 3 de la encuesta*

<b>% Falta de Repuesto</b>	<b>% Falta de Información</b>	<b>% No se tiene toda la información</b>	<b>% Pérdida de tiempo buscando</b>	<b>% Total</b>
25,00	45,83	16,67	12,50	100,00

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Pregunta 4:** Usted piensa que este o estos problemas ocasionan más horas hombres en las actividades programadas.

**Figura 17***Análisis Pregunta 4 de la encuesta***Fuente:** Elaboración Propia.

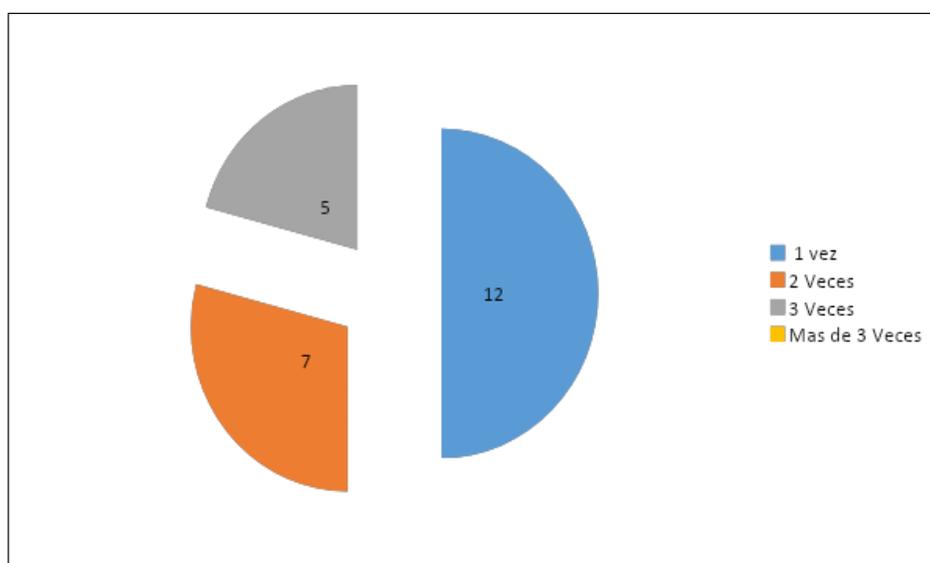
El análisis de esta pregunta nos demuestra que el 41.67% de la población piensa que este o estos problemas ocasionan más horas hombres en las actividades programadas, el 29.16% no está atento a esto.

**Tabla 6***Análisis Pregunta 4 de la encuesta*

<b>% Si</b>	<b>% No</b>	<b>% No presta atención</b>	<b>% Total</b>
41,67	29,17	29,16	100,00

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Pregunta 5:** Por causa de estos problemas cuantas veces ha reingresado una Locomotora entre un PM y otro.

**Figura 18***Análisis Pregunta 5 de la encuesta***Fuente:** Elaboración Propia.

El análisis de esta pregunta nos demuestra que el 50% de la población afirma que una Locomotora, por causa de estos problemas ha reingresado una vez más entre un PM y otro, el 29.17% de la población afirma que una Locomotora, por causa de estos problemas ha

reingresado dos veces más entre un PM y otro y el 20.83% de la población afirma que una Locomotora, por causa de estos problemas ha reingresado tres veces más entre un PM y otro.

**Tabla 7**

*Análisis Pregunta 5 de la encuesta*

<b>% 1 vez</b>	<b>% 2 Veces</b>	<b>% 3 Veces</b>	<b>% Más de 3 Veces</b>	<b>% Total</b>
50,00	29,17	20,83	0,00	100,00

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **Conclusiones de la Implementación de las Encuestas**

Al analizar en conjunto los resultados de la encuesta realizada a la población técnica de la empresa DC Ferrocarriles involucrada en los mantenimientos realizados en locomotoras los datos de muestran que la falta de información antes y durante la ejecución de las actividades resta fiabilidad al resultado final de los mantenimientos realizados en las locomotoras. Por tanto, esto demuestra que la falta de información es un problema en la empresa DC Ferrocarriles.

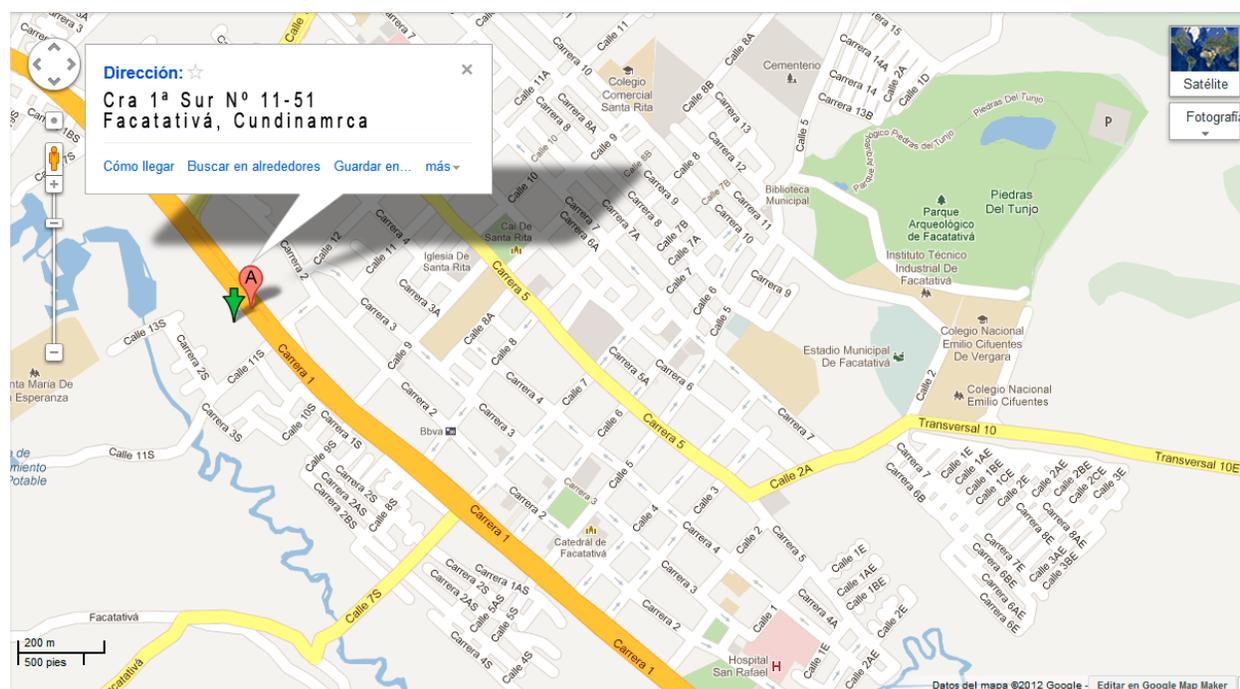
## Capítulo IV: Descripción de la Situación de La Empresa DC Ferrocarriles S.A.S

### Descripción de la Empresa DC Ferrocarriles S.A.S

DC Ferrocarriles, es una empresa ferroviaria con amplia trayectoria y experiencia en el mercado, trabaja con altas políticas de calidad y responsabilidad social; ha logrado gran reconocimiento en el mercado industrial, gracias al arduo compromiso de servicio con el que se caracteriza. La organización se encuentra situada en el departamento de Cundinamarca, en la localidad de Facatativá y su dirección postal Cr 7N° 9-22, Facatativá, Cundinamarca.

**Figura 19**

#### *Ubicación y Dirección de Empresa*



**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

## **Misión**

Nuestro compromiso es satisfacer las necesidades de cada uno de nuestros clientes fabricando y comercializando productos y servicios de excelente calidad. Contamos con personal altamente calificado para dar soluciones integrales que generen bienestar, compromiso y trabajo en equipo. El éxito comercial lleva consigo la labor de sujetarse a las más exigentes normas de conducta, calidad y entereza en todo lo que ofrecemos a quienes requieren de nuestros servicios; asesoría y asistencia técnica ferroviaria; piezas de ingeniería para maquinas industriales del sector minero, obras civiles, hidráulicas y sanitarias (DCFERROCARRILES, 2013, párrafo 3)

## **Visión**

Ser la empresa líder en el mantenimiento, reparación y remanufacturación con la más avanzada tecnología en el área de ferrocarriles y empaquetaduras. Buscamos mantener un alto nivel de permanencia en el mercado e impulsar la permanencia en los ferrocarriles; queremos que nuestra identidad sea símbolo de excelencia (DCFERROCARRILES, 2013, párrafo 3)

## **Políticas de Calidad**

Mejorar continuamente la eficiencia y eficacia de nuestra empresa, para brindar productos y servicios de la más alta calidad, dándoles a nuestros usuarios las garantías necesarias para su tranquilidad; siempre generando beneficios tanto para la empresa como para la comunidad (DCFERROCARRILES, 2013, párrafo 3)

## **Descripción de Procesos de Actividades de Mantenimiento de Locomotoras**

Ante todo, el proceso establecido para las reparaciones de las Locomotoras establece un ciclo de reparación; ellas se deben desarrollar de una forma paulatina y coordinada con el fin de ampliar la vida útil del equipo. A pesar que el proceso de mantenimiento inicia cuando el

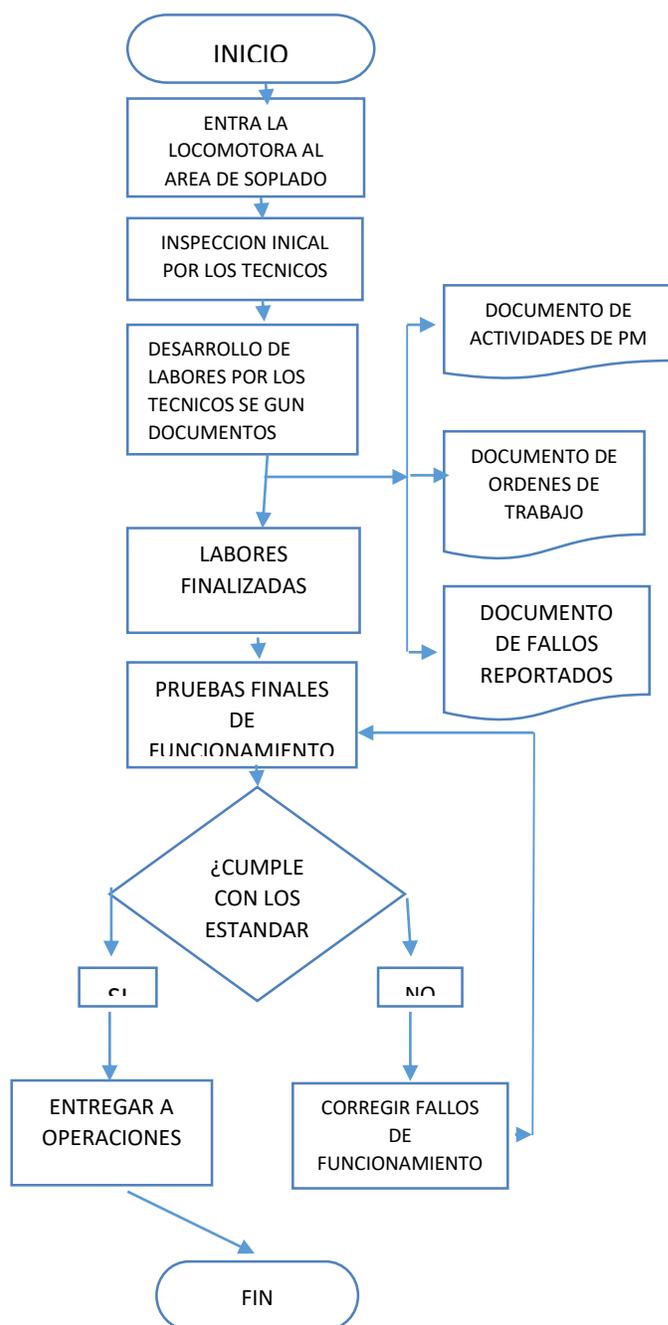
departamento de operaciones de DRUMMOND LTD entrega la locomotora al departamento de mantenimiento y este entrega al contratista (DC Ferrocarriles), el cual se encarga de realizar el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo, iniciando las actividades con el soplado general de la locomotora con aire comprimido a presión de 120 PSI, luego realiza una inspección técnica del funcionamiento general de todos los sistemas de la locomotora, terminado este paso se continúa con el desarrollo de las actividades de mantenimiento plasmadas en un documento impreso entregado por el ingeniero encargado de la supervisión al personal técnico.

Estas actividades varían de acuerdo con el tipo de intervención programada que puede ser de 45 días, 3 meses, o 6 meses; al terminar todas las actividades, los técnicos realizan pruebas de funcionamiento general de todos los sistemas de la locomotora. Si cumple con los estándares establecidos por la supervisión, se entrega al departamento de mantenimiento de DRUMMOND LTD y este al de operaciones, y se inicia otro proceso. A continuación, un diagrama de flujo para describir esta actividad con más claridad.

## Diagrama de Flujo de las Actividades de Mantenimiento

Figura 20

*Diagrama de Flujo de las Actividades de Mantenimiento*



**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

## Secciones o Departamentos del Taller

La nave, como generalmente se llama, o taller de reparación, tiene unas reglas básicas para su construcción, lo cual sirve como divisiones internas en las actividades que se desarrollaran dentro del proceso de mantenimiento. “La optimización del mantenimiento en general es un campo de trabajo muy activo desde el punto de vista científico, la aplicación al campo de mantenimiento de flotas es sensiblemente menor” (Pascual, 2015, p. 25). Además, se hace necesario para optimizar los procesos se debe tener una buena distribución tanto de diseño como de organización.

Estas divisiones o franjas de reparación enfocadas al mantenimiento del equipo, se compone en 3. García. (2010) Expresa que algunos talleres “contienen una zona de puente grúas y gatos para el levantamiento del equipo, una zona de montacargas para el movimiento de piezas de gran volumen y una zona de pruebas para equipos” (pág. 23). Todo esto ayuda a agilizar el proceso de mantenimiento, cada sección no debe ser independiente, deben tener similitud entre ellas, o continuación de un proceso.

Dentro del proceso de trabajo o las actividades que se desarrollan en el mantenimiento de las Locomotoras se produce el desgaste mecánico, ya sea por destrucción corrosiva o por destrucción por fatiga; este desgaste como producto de la fricción, conlleva al poco rendimiento del equipo. García. (2010) manifiesta que “el desgaste de las piezas en la calidad de la explotación de las Locomotoras. Las roturas por fatiga se observan en los árboles cigüeñales, así como en otros ejes y piezas de unión (tornillos, espárragos y otros)” (pág. 64). Este desgaste como fenómeno físico, encamina al equipo a una pérdida total o parcial del material. Se debe tener en cuenta que entre más trabaje el equipo más desgaste tendrá.

### ***Métodos de Reparación***

En estos momentos el desgaste no es uniforme en todos los equipos: En unos ocurre con mucha mayor rapidez que en otros. A veces, cuando el equipo ingresa a un mantenimiento programado, y tiene programado un cambio de componente, no es posible realizarlo, ya que este presenta buenas condiciones y puede seguir laborando unos kilómetros más de lo planeado.

Hay métodos como el individual de reparación, donde después de la reparación del componente se vuelven a instalar en el mismo equipo o locomotora, haciendo que esta se quede más tiempo *Down* en su reparación. “el método de diagnóstico jerárquico es un modelo que presenta la opción de evaluar diferentes aspectos y criterios de la gestión y operación del mantenimiento, a partir de la calificación de las distintas variables seleccionadas” (Mora, 2009, p. 408). Otro método es el de agregado de reparación: Aquí se desmantela la locomotora y se sustituyen los componentes por otros ya reacondicionados o reparados, reduciendo el tiempo de estadía o *Down* de la locomotora en reparación.

Por último, se tiene el agregado en cadena: Se desarrolla en serie, garantizando el cumplimiento del programa de reparación. Aquí se necesita una planeación completa, donde se calcule la concordancia de las actividades de operación, medición, transporte y reparación de componentes. El tiempo de duración del equipo *Down* sería menor o igual al programado. “estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto” (Morales, 2002, p. 22). Dichos criterios permiten que la calidad del producto entregado o servicio prestado alcance los objetivos planteados por la organización.

## **Capítulo V: Implementación de Indicadores de Proceso de Mantenimiento De Locomotoras**

### **DC Ferrocarriles**

#### **Justificación del Uso De Indicadores en el Proceso de Mantenimiento de Locomotoras de La Empresa DC Ferrocarriles.**

Los indicadores son herramientas que permiten medir la situación real y el rendimiento de los sistemas en un periodo de tiempo determinado, siendo de gran ayuda a la hora de toma de decisiones, razón por la cual se consideran implementar en la empresa DC Ferrocarriles.

#### **Tipos de Indicadores a Utilizar**

La principal característica del mantenimiento es garantizar al máximo el funcionamiento de los equipos. Por ello se hace necesario usar indicadores que permitan medir la confiabilidad de estos. Cabe destacar que la herramienta de Excel cuenta con dos indicadores, que servirán para la medición de aspectos críticos utilizados en mantenimiento bajo las metodologías MTTR y MTBF.

#### **Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF**

¿Qué es el Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF? Un evento que detiene un equipo llamado falla, cambia la disponibilidad del mismo a *Down*; con respecto al MTBF.

Mora (2009) ha afirmado lo siguiente:

El tiempo Medio Entre Fallas conocido como MTBF, por sus siglas en inglés (Mean Time Between Failures) o en español Tiempo medio entre fallos, es un indicador que representa el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas. (pág. 37)

Dicho con otras palabras, muestra de una forma el tiempo promedio en que transcurre una falla y otra, convirtiendo el equipo en operacional o no y viceversa. Para “un período estable

en la vida del componente o sistema, el valor medio de la duración de tiempo entre fallos consecutivos contados como la razón del tiempo observado y el número de fallos bajo condiciones estables” (Buitrago, 2018, p. 23). mostrando un ciclo o comportamiento el cual puede ser analizado para su posterior intervención, afectando el tiempo operacional por la unidad que falló.

¿Cómo se puede calcular el Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF? ahora bien, es fundamental saber y conocer el estado de cada componente del equipo para la toma de decisiones. Es por eso que se debe calcular el MTBF. Dicho cálculo se basa en “los diversos factores que influyen en el MTBF son esencialmente factores humanos. ¿Se ha instalado correctamente el equipo? el equipo fue diseñado y construido correctamente? ¿Las operaciones de mantenimiento realizadas anteriormente por los técnicos han contribuido a la avería?” (Mora, 2009, p. 39). Esto ayudará al analista a resolver las inquietudes presentadas por la avería, con el fin de mejorar la funcionalidad de los equipos.

La fórmula para calcular el MTBF es la siguiente:

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

Basado en el MTBF, el gestor de mantenimiento consigue saber cuáles son los activos que necesitan más mantenimiento o incluso ser reemplazados. “El MTBF mide la confiabilidad, el MTTR es un fuerte indicador de la eficacia de la reparación. Estas dos métricas juntas le permiten obtener una estimación de cuánto tiempo un activo o ubicación ha estado indisponible” (Mora, 2009, p. 41). Para que esto funcione, es importante tener toda la información. De esta forma se creará un historial de seguimiento, dando solución a un problema en relación.

### ***Tiempo medio Entre reparaciones - MTTR***

¿Qué es el Tiempo Medio Entre Reparaciones - MTTR? ahora bien, el MTTR como métrica permite conocer lo importante de la avería. Acompañada del MTBF da solución a los fallos encontrados en los equipos.

Según Mora. (2009) ha expresado lo siguiente:

El Tiempo Medio Entre Reparaciones conocido como MTTR, por sus siglas en inglés (*Mean Time Through Repair*), es una medida que indica el tiempo estimado que un equipo estará parado mientras es reparado. Dicho de otra forma, es el tiempo promedio en que se efectúa una reparación, haciendo que este regrese a su estado normal ( pág. 44)

En cuanto al MTTR, el objetivo debe ser reducirlo. Dicha reducción pasa por el mantenimiento preventivo para que el número de averías sea menor y, por otro lado, por la reducción del tiempo dispensado en la reparación. Aquí se trata de actuar rápidamente y preparar el equipo técnico: Cuanto más temprano se contesta un incidente, más rápido se resolverá la avería (Valuekeep, 2020, párrafo 15).

“El análisis del MTBF y MTTR también proporciona la posibilidad de hacer estimaciones sobre la producción (disminuye o incluso se interrumpe durante las averías)” (Mora, 2009, p. 43). Con estos parámetros básicos es posible medir si el sistema es fiable, con base en variables como la distancia recorrida del equipo.

¿Cómo se puede calcular el Tiempo Medio Entre Reparaciones - MTTR? hay que tener en cuenta que el MTTR, como apoyo a la mantenibilidad de componentes reparables y equipos, ayuda a la disminución de los costos de mantenimiento del equipo. Para Mora. (2009) el “MTTR es el resultado de tiempo total de mantenimiento correctivo a dividir por el número de

operaciones de mantenimiento durante un determinado período de tiempo” (pág. 45). Se debe tener en cuenta que esta medida reducirá el tiempo total del mantenimiento. Para el cálculo se debe usar la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de Mantenimiento Correctivo}}{\textit{Número de Acciones de Reparación}}$$

En esta fórmula el MTTR se deriva de dos variables. Mora. (2009) manifiesta que “el tiempo total de mantenimiento correctivo (es decir, el tiempo total dedicado a la reparación del activo) y el número de operaciones de reparación. Para reducir el MTTR debe tener en cuenta ambos factores y tratar de reducirlos” (pág. 46). Es posible acceder a informes sobre el MTTR y ver cómo se comporta a lo largo del tiempo. Esto dará una visión amplia del equipo.

### **Implementación de Indicadores en DC Ferrocarriles**

Con la información recogida del análisis de las preguntas, enfocado en aumentar la calidad y eficiencia del mantenimiento, apuntando a la disponibilidad del equipo sin que se presente anomalías entre un mantenimiento y otro; basándose en los indicadores de MTTR y MTBF, se toma la iniciativa para la creación y el desarrollo de la herramienta, que ayudará al analista de mantenimiento y a organizar la información de los equipos, estando disponible para todos y a tiempo. Por otro lado, los indicadores de tiempo de mantenimiento del MTTR (*El Tiempo Medio Entre Reparaciones*) se evalúan por trimestre, para determinar si la cantidad de horas invertidas en mantenimiento coincide con lo planificado.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de Mantenimiento Correctivo}}{\textit{Número de Acciones de Reparación}}$$

Para el MTBF (*El Tiempo Medio Entre Fallas*), su indicador mide el tiempo en horas que un equipo trabaja sin fallar, evaluándose este por trimestre.

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

En este momento la empresa DC Ferrocarril, solo contempla una disponibilidad genérica, que “sirve para organizaciones que no predicen ni manejan la información de que se dispone sólo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo)” (Mora, 2009, p. 71). Por otro lado, cuando esta pasa a ser una disponibilidad inherente o intrínseca, es aquí donde se “trata de controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos), sus parámetros son MTBF y MTTR. Solo tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo y no exógenas a él” (Mora, 2009, p. 72), aumentando la confiabilidad del equipo, su tiempo operativo y, algo muy importante, su Mantenibilidad.

Para controlar dichas tareas planeadas la empresa DC Ferrocarril debe buscar cómo separar el mantenimiento Preventivo, Predictivo y Correctivo, sin tener interés de cuáles son los tiempos de demora, especificando la información de una forma detallada. Es ahí, donde se habla de una Disponibilidad Alcanzada, usando como parámetros de cálculo el MTTR.

Pero cuando la empresa DC Ferrocarril tome, organice o vigile muy de cerca las demoras administrativas de una forma metódica para predecir cambios en la programación de los mantenimientos, ahí se hablará de una Disponibilidad Operacional, “Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos, utiliza los mismos parámetros de la anterior (alcanzada)” (Mora, 2009, p. 74), dándole la confianza que requiere el cliente por tener un equipo que no presentara falla alguna durante un tiempo más largo; es decir, el equipo estará en condiciones de operatividad por un largo plazo.

En resumen, y gracias a la información recopilada se diseñan estos indicadores de medición y su grado de cumplimiento para las actividades de Mantenimiento de Locomotora.

**Tabla 8**

*Tipos de Indicadores a Utilizar.*

<b>Indicadores</b>	<b>Peso</b>	<b>Formula</b>
Numero de fallas por equipo	50%	$= \frac{\text{Fallas por equipo}}{\text{Total de fallas}}$
Tiempo medio entre reparaciones	25%	$= \frac{\text{Tiempo medio de reparaciones por equipo}}{\text{Total de tiempo medio de reparaciones}}$
Tiempo medio entre fallas	25%	$= \frac{\text{Tiempo medio entre fallas por equipo}}{\text{Total tiempo medio entre fallas}}$

**Fuente:** Elaboración Propia.

Con el fin de saber si el área de Mantenimiento cumple o no con las expectativas de la empresa y si los equipos se encuentran dentro de un rango optimo, se tomaron como base mínimo 1 ingreso por Número de Fallas de cada equipo, 24 hrs en el MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones y 695 horas MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas; dentro del aplicativo se encuentra la forma gráfica y de datos de la información registrada que se tomó como modelo, con el fin de simular el proceso.

## **Capítulo VI: Elaboración de la Herramienta Informática para el Área de Mantenimiento de la Empresa**

Con respecto a las consideraciones anteriores, y toda la información recogida en esta investigación, se hace referencia a la construcción de una herramienta en Excel, la cual ayudará a controlar y suministrar la información a tiempo de una forma confiable y veraz en el mantenimiento de equipos Locomotora. Esta herramienta estará entregando datos para “un estudio con pilares sustentables que ofrezcan la garantía de un mantenimiento con un costo positivo y la perfecta disponibilidad de los equipos sin presentar fallas que generen un impacto de nivel alto” (Rodríguez , 2018, p. 10) buscando la satisfacción y soporte en los procedimientos realizados en cada actividad de mantenimiento y programación del gestor de mantenimiento.

### **Descripción de la Herramienta**

Con respecto a esta herramienta de Excel, se puede observar su fácil manejo, el cual se ha detallado en el instructivo que se entrega con este trabajo de investigación. Por ejemplo, en el menú inicio se visualiza una portada donde se encuentran relacionados de forma interactiva los recursos a los que pueden acceder, tales como hoja de vida de las máquinas, formatos de revisión de 45 días, de 3 y 6 meses, un formato para generar órdenes de trabajo, un cuadro de control y seguimiento de las fechas de programación de los mantenimientos. Vale la pena decir que dentro del aplicativo se tiene la Hoja de vida de Locomotoras que permite ver qué se necesita revisar o qué intervención se realizó. Gracias a los formatos de chequeo y orden de trabajo, se puede tener un resumen de las actividades que desarrollaron el técnico y el equipo. Estos documentos, para mayor seguridad, se dejan también en el aplicativo.

Hay que hacer notar que la Programación de Mantenimiento permite digitalizar los consecutivos de las fechas, los diferentes tipos de mantenimiento; también se les puede hacer seguimiento a los días que faltan para el próximo mantenimiento preventivo programado y el estado del mantenimiento vencido con el fin de reprogramar. En otras palabras, esta herramienta permite tener información del estado de las máquinas en el momento que el técnico o supervisor lo requiera, para efecto de la planeación de las intervenciones preventivas y correctivas. Es importante que se registren los datos del mantenimiento efectuado para que la herramienta sea útil y permanezca actualizada.

Con respecto al Historial de Mantenimiento, donde se tienen datos de los fallos, cambio de repuestos, que se han presentado en las máquinas para su estudio y seguimiento previendo que no se repita, este tipo de problemas que generan retrasos en la operación, además del cambio de componentes, se permite llevar un control detallado de los mismos, que se han retirado de la locomotora por fallos y por tiempo de servicio, para futuros reclamos de garantías.

Lo más importante de la herramienta de Excel es que cuenta con dos indicadores MTTR y MTBF para evaluar la efectividad del taller y la fiabilidad de las locomotoras en un ciclo de cada tres meses, donde se mirará si los objetivos propuestos por la dirección de mantenimiento se han cumplido y cuál es su desviación; se contempla realizar una base de datos adicional en la herramienta para alimentar los KPI (indicadores de rendimiento) donde se mostrará una simulación de estos usando MTTR y MTBF dentro del aplicativo.

### ***Instructivo Manejo de Herramienta***

En resumen, se presenta de forma detallada el instructivo del aplicativo el cual se entrega a la empresa DC Ferrocarril.

### ***Pantalla de inicio***

En cuanto a su pantalla principal, muestra las diferentes opciones disponibles en el aplicativo. Esta se divide en tres grupos Ingresos, Indicadores y Formatos, este último será de apoyo a la recolección de la información.

### **Figura 21**

*Pantalla de Inicio.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

### ***Ingresos***

En relación con el grupo de Ingresos ubicado en el menú principal, se encuentran cuatro subgrupos, cada uno de los cuales se explica.

### ***Tablas***

Con respecto al subgrupo tablas, es aquí donde se encuentran todas las tablas que alimentarán el sistema. Vale la pena decir que este aplicativo está diseñado para que el usuario seleccione dentro de una lista desplegable la palabra adecuada y no cometer errores de

digitación. No obstante, dentro de estas tenemos la tabla de Equipos, donde se registran las características de cada equipo, su tipo y descripción general en forma resumida.

**Figura 22**

*Tabla de Equipos*

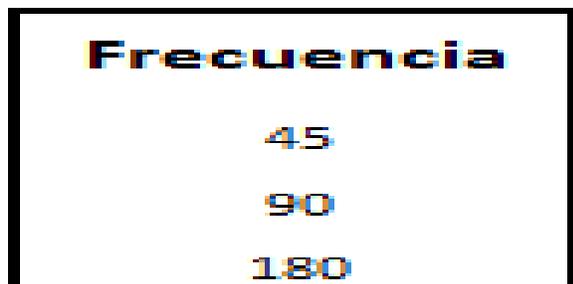
<b>EQUIPOS</b>		
<b>Locomotora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
LA 001	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 002	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 003	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 004	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 005	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 006	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 007	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 008	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 009	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 010	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 011	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 012	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 013	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 014	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 015	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
LA 016	U18-C	Locomotora U18-C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 1900 HP.
2001	U20-C	Locomotora U20C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 2000 HP.
2002	U20-C	Locomotora U20C modernizada, equipada con sistema BSS, de 8 cilindros, potencia promedio 2000 HP.
2101	U21-C	Locomotora GE-C21 modernizada, equipada con sistema BSS, de 12 cilindros, potencia promedio 2100 HP.
2102	U21-C	Locomotora GE-C21 modernizada, equipada con sistema BSS, de 12 cilindros, potencia promedio 2100 HP.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Por otro lado, se tiene la tabla de frecuencia. Esta tabla está asociada a los PM que se desarrollaran a cada equipo: PM de 45 Días, PM de 90 Días o 3 Meses y PM de 180 Días o 6 Meses, alimentando el cuadro de programación de PM, el cual se verá más adelante.

**Figura 23**

*Frecuencia de PM.*

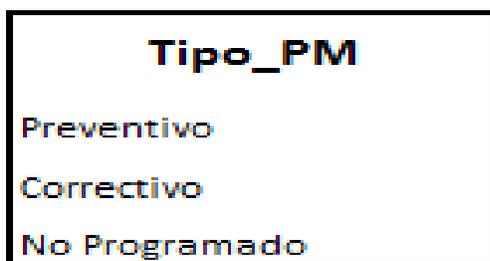


**Fuente:** Elaboración Propia.

Ahora bien, la Tabla Tipo de PM, si bien se ha visto dentro del desarrollo de la historia y evolución del Mantenimiento, la empresa DC Ferrocarriles apunta a tener un control específico de los tipos de mantenimiento que se les presta a los equipos; por eso esta tabla es primordial en la asignación del tipo PM. Se encontrará en la hoja de Trabajo de locomotora, donde se selecciona el tipo de PM con el cual se sabrá a futuro cuántos PM de su tipo se le ha ejecutado a cada equipo. Dentro de esta categoría se encuentra PM Preventivo y Correctivo, además de No programados cuando una locomotora ingresa al taller por urgencia o por alguna novedad.

**Figura 24**

*Tipo de PM.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

Por el Contrario, la Tabla Reprogramar, asociada a la hoja de trabajos de las Locomotoras, ayuda a redefinir si en realidad lo programado en cantidad de PM se ejecutó o queda algo pendiente, con las categorías de ejecutado, Próximo PM o Urgente.

### Figura 25

*Reprogramaciones.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

La categoría Ejecutado da por cerrado el Mantenimiento que se le realizó al equipo, pero si dentro de las actividades realizadas es encontrada alguna novedad y no es posible subsanar de inmediato, se deberá reprogramar utilizando las dos categorías Próximo PM o Urgente, según conocimiento del Técnico que atendió la novedad.

Sin embargo, en la hoja Tabla se encuentra una lista de componentes asociando a qué sistema pertenece. Esta lista imputada en la hoja de trabajo, seleccionada por una lista desplegable ayudará más adelante a la construcción de los indicadores. De esta manera se puede saber qué sistema está presentando más fallas que otro. Por otra parte, obliga a la persona que maneja la herramienta a seleccionar y no cometer errores de digitación.

**Figura 26***Ingreso de Componentes.*

<b>Componentes</b>	<b>Sistema</b>
Amortiguador lateral	TRACCIÓN
Amortiguador vertical	TRACCIÓN
Aro de mesa truque	TRACCIÓN
Aro de pivote	TRACCIÓN
Baterías	ELECTRICO
Bloque motor diesel	MOTOR DIESEL
Bomba de aceite	MOTOR DIESEL
Bomba de agua	MOTOR DIESEL
Bomba de combustible	MOTOR DIESEL
Bomba de inyección	MOTOR DIESEL
Boss	SENSORES

**Fuente:** Elaboración Propia.***Programación***

Otro punto es la hoja Programación. Esta se encuentra asociada a la categoría de ingresos. Aquí se llevará el control de los próximos PM que se deberán ejecutar en el periodo. Su estado es Automático, mostrando los días faltantes a la fecha de ejecución. Cambiará ha Vencido si no se ha realizado, la fecha actual no se debe cambiar ya que esta ayuda a que pueda calcular los días restantes a dicho PM.

## Figura 27

### Programación.

FECHA ACTUAL	12/09/2020
--------------	------------

[Ir a Menu Principal](#)

Locomotora	Ultimo PM	Frecuencia	Proximo PM	Frecuencia New	Días Faltantes	Estado	Observación
LA 001	23 jul 20	45 Dias	06 sep 20	90 Dias	-6	VENCIDO	
LA 002	06 ago 20	180 Dias	20 sep 20	45 Dias	8		
LA 003	10 ago 20	45 Dias	24 sep 20	90 Dias	12		
LA 004	06 jul 20	180 Dias	20 ago 20	45 Dias	-23	VENCIDO	
LA 005	11 jul 20	180 Dias	25 ago 20	45 Dias	-18	VENCIDO	
LA 006	05 ago 20	45 Dias	19 sep 20	90 Dias	7		
LA 007	09 ago 20	45 Dias	23 sep 20	90 Dias	11		
LA 008	03 jul 20	45 Dias	17 ago 20	90 Dias	-26	VENCIDO	
LA 009	04 ago 20	45 Dias	18 sep 20	90 Dias	6		
LA 010	21 jul 20	180 Dias	04 sep 20	45 Dias	-8	VENCIDO	
LA 011	04 ago 20	45 Dias	18 sep 20	90 Dias	6		
LA 012	10 jul 20	90 Dias	24 ago 20	180 Dias	-19	VENCIDO	
LA 013	09 jul 20	90 Dias	23 ago 20	180 Dias	-20	VENCIDO	
LA 014	21 jul 20	45 Dias	04 sep 20	90 Dias	-8	VENCIDO	
LA 015	19 jul 20	45 Dias	02 sep 20	90 Dias	-10	VENCIDO	
LA 016	15 jul 20	180 Dias	29 ago 20	45 Dias	-14	VENCIDO	
2001	05 ago 20	90 Dias	19 sep 20	180 Dias	7		
2002	04 jul 20	45 Dias	18 ago 20	90 Dias	-25	VENCIDO	
2101	19 may 20	180 Dias	17 ago 20	45 Dias	-26	VENCIDO	
2102	08 jul 20	90 Dias	06 oct 20	180 Dias	24		

**Fuente:** Elaboración Propia.

### Trabajos

Con respecto a la hoja de Trabajos, se relacionarán todas las actividades desarrolladas a los equipos (Locomotoras). El primer campo Locomotora está con una lista desplegable, la cual, asociada a la hoja Tabla, muestra la cantidad de Locomotoras que hay en el rango específicamente creado, de forma automática dirá el tipo de equipo que es. En la celda de mantenimiento, se selecciona el tipo de mantenimiento si es Preventivo, Correctivo o No programado, estos están con una lista desplegable.

**Figura 28***Trabajos Realizados.*

[Ir a Menu Principal](#)



**HISTORIAL DE MANTENIMIENTO**

ID	Locomotora	Tipo	Mantenimiento	Accion	Tipo PM	Fecha Ingreso	Fecha Salida	No. Dias en Taller
1	LA 001	U18-C	Preventivo		45 Días	28 ene 20	30 ene 20	2
2	LA 001	U18-C	Preventivo		3 Meses	13 mar 20	17 mar 20	4
3	LA 001	U18-C	Preventivo		45 Días	27 abr 20	28 abr 20	1
4	LA 001	U18-C	Preventivo		6 Meses	08 jun 20	13 jun 20	5
5	LA 001	U18-C	Preventivo		45 Días	23 jul 20	24 jul 20	1
6	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	28 ene 20		
7	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	25 mar 20		
8	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08 jun 20		
9	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	25 mar 20		
10	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08 jun 20		
11	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08 jun 20		

**Fuente:** Elaboración Propia.

Por un lado, si ocurre un evento No Programado se deberá registrar en la celda de Mantenimiento seleccionando No Programado y en la celda Acción ingresar la actividad desarrollada.

**Figura 29***Actividad Desarrollada.*

[Ir a Menu Principal](#)



**HISTORIAL DE MANTENIMIENTO**

ID	Locomotora	Tipo	Mantenimiento	Accion
34	LA 002	U18-C	Correctivo	
35	LA 002	U18-C	Correctivo	
36	LA 002	U18-C	Correctivo	
37	LA 002	U18-C	No Programado	Cambio de Componente
38	LA 002	U18-C	No Programado	Cambio de Componente
39	LA 002	U18-C	No Programado	Cambio de Componente

**Fuente:** Elaboración Propia.

Además, en el caso que se tenga un evento Correctivo a cualquiera de los equipos creados, debe marcarse con una (X) en la casilla correspondiente MD, ED, FA y TR, Motor Diesel, Electricidad, Frenos Aire y Tracción. Así mismo, dentro de las actividades Correctivas puede suceder el cambio de un componente por urgencia y no puede ser reprogramado hasta el siguiente PM. Es aquí, en la celda de Componente, se despliega la lista de los componentes que se han creado anteriormente en la hoja Tabla, arrojando a qué sistema pertenece tal componente. Vale la pena decir que se debe tener en cuenta que al ingresar la información se debe registrar el lugar donde se cambió el componente, su serial, su vida útil y si tiene o no garantía. Teniendo en cuenta esto, ayudará a programar la fecha del próximo cambio en el equipo.

**Figura 30**

*Componentes y selección de sistemas.*

		<a href="#">Ir a Menu Principal</a> 				<table border="1"> <tr><td>MOTOR DIESEL</td><td>MD</td></tr> <tr><td>ELECTRICIDAD</td><td>ED</td></tr> <tr><td>FRENOS AIRE</td><td>FA</td></tr> <tr><td>TRACCIÓN</td><td>TR</td></tr> </table>		MOTOR DIESEL	MD	ELECTRICIDAD	ED	FRENOS AIRE	FA	TRACCIÓN	TR						
MOTOR DIESEL	MD																				
ELECTRICIDAD	ED																				
FRENOS AIRE	FA																				
TRACCIÓN	TR																				
ID	Locomotora	MD	ED	FA	TR	Componente	Lugar	Serial	Sistema	Vida Util	Garantía	Proximo Cambio									
1	LA 001																				
2	LA 001																				
3	LA 001																				
4	LA 001																				
5	LA 001																				
6	LA 001		X																		
7	LA 001	X																			
8	LA 001		X		X																
9	LA 001					Conjunto de Potencia	2 Derecho	LG98000450	MOTOR DIESEL	3 Años	no	25 mar 23									
10	LA 001					Motor de Tracción	N1	BTR0345678	ELECTRICO	5 Años	si	08 jun 25									
11	LA 001					Motor de Tracción	N2	YT5600997	ELECTRICO	5 Años	si	08 jun 25									
12	LA 001					Motor de Tracción	N3	BTN4567800	ELECTRICO	5 Años	si	08 jun 25									
13	LA 001					Motor de Tracción	N4	WR200340	ELECTRICO	5 Años	si	08 jun 25									
14	LA 001					Motor de Tracción	N5	NTR0023411	ELECTRICO	5 Años	si	08 jun 25									
15	LA 001					Motor de Tracción	N6	340943200	ELECTRICO	5 Años	si	08 jun 25									

**Fuente:** Elaboración Propia.

Hay que tener en cuenta, que dentro de cada formado de PM ya sea de 45, 90 o 180 Días, se encuentra la casilla de Observaciones, la cual se deberá registrar dentro de la hoja de trabajo. Al momento de llegar el próximo PM el analista de la información puede ver qué trabajos quedan pendiente y si hay una observación del técnico que atendió el equipo anteriormente.

### Figura 31

#### *Observaciones de los Trabajos y Reprogramaciones.*

[Ir a Menu Principal](#)



ID	Locomotora	Observaciones	Reprogramar	Frecuencia New	Mant New	Ejecutado
1	LA 001	Se realizan trabajos adicionales				
2	LA 001	Sin novedad				
3	LA 001	Se programan trabajos - Cambiar motores de tracción por tiempo de servicio	Proximo PM	06 sep 20	Preventivo	
4	LA 001	Se realizan trabajos adicionales				
5	LA 001	Sin novedad				
6	LA 001	Cambio de escobillas de generador principal				

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### *Hoja de vida*

Con lo que se refiere al menú principal de Hoja de Vida, se tienen tres categorías, las cuales se asocian al mantenimiento realizado por cada equipo, Cambio de componentes por equipo y daños por sistemas.

**Figura 32**

Menú Hoja de Vida.

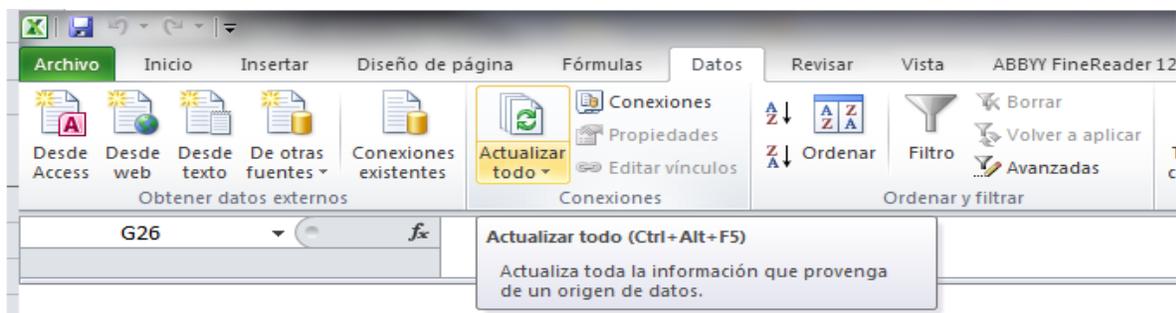


**Fuente:** Elaboración Propia.

Hay que tener en cuenta que, antes de seleccionar una de las opciones, se deben actualizar las tablas. Para eso, en a la pestaña Datos del menú de Excel se selecciona la opción Actualiza todo del campo del grupo conexiones. De esta forma se actualiza toda la información de todas las tablas que están dentro de la herramienta desarrollada.

**Figura 33**

*Actualización de la Información.*



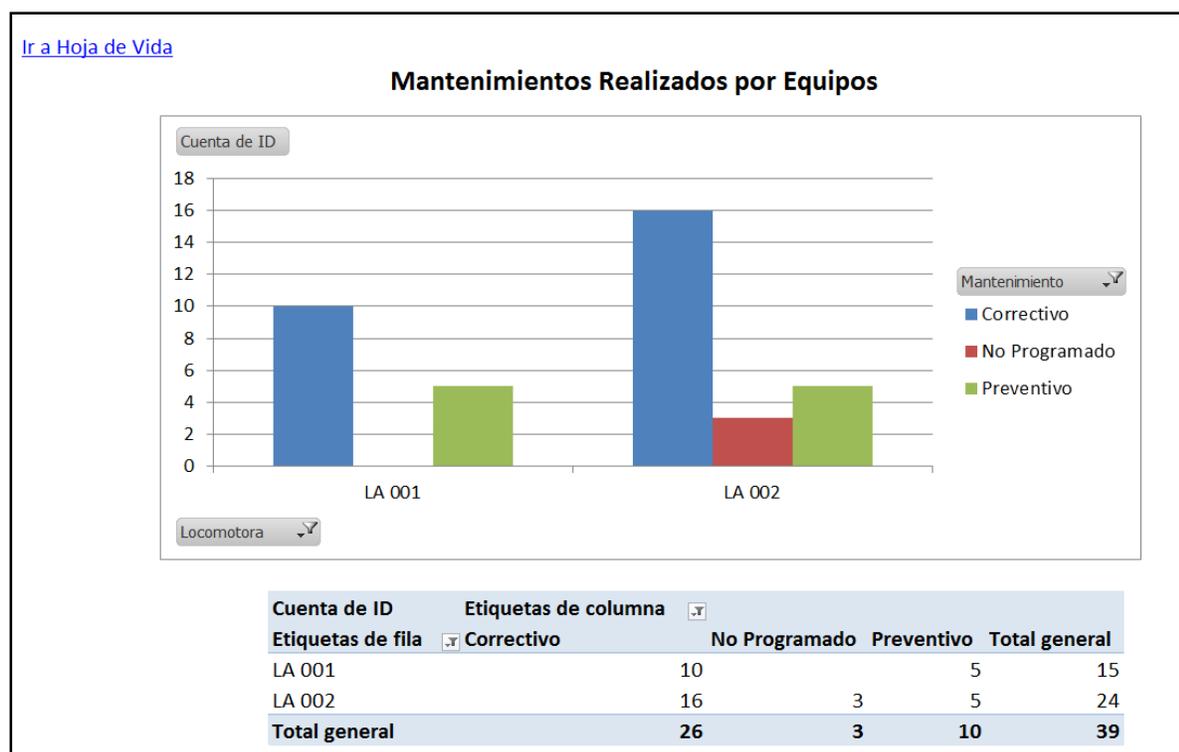
**Fuente:** Elaboración Propia.

### *Mantenimientos realizados por equipos*

En efecto, siendo una tabla dinámica con su gráfico y tabla, se puede visualizar automáticamente cuantos trabajos se han realizado a los equipos creados en la hoja Tabla.

**Figura 34**

*Mantenimiento Realizados por Equipos.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

Además, si se desea ver información más detallada de un equipo en específico, se le da doble clic al equipo o al número del tipo de mantenimiento que se desee ver y se abrirá un reporte como el siguiente:

**Figura 35***Reporte Mantenimiento Realizados por Equipos.*

ID	Locomotora	Tipo	Mantenimiento	Accion	Tipo PM	Fecha Ingreso	Fecha Salida	No. Dias en Taller	MD	ED
6	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	28/01/2020				X
7	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	25/03/2020			X	
8	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				X
9	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	25/03/2020				
10	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				
11	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				
12	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				
13	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				
14	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				
15	LA 001	U18-C	Correctivo		n/a	08/06/2020				
1	LA 001	U18-C	Preventivo		45 Días	28/01/2020	30/01/2020	2		
2	LA 001	U18-C	Preventivo		3 Meses	13/03/2020	17/03/2020	4		

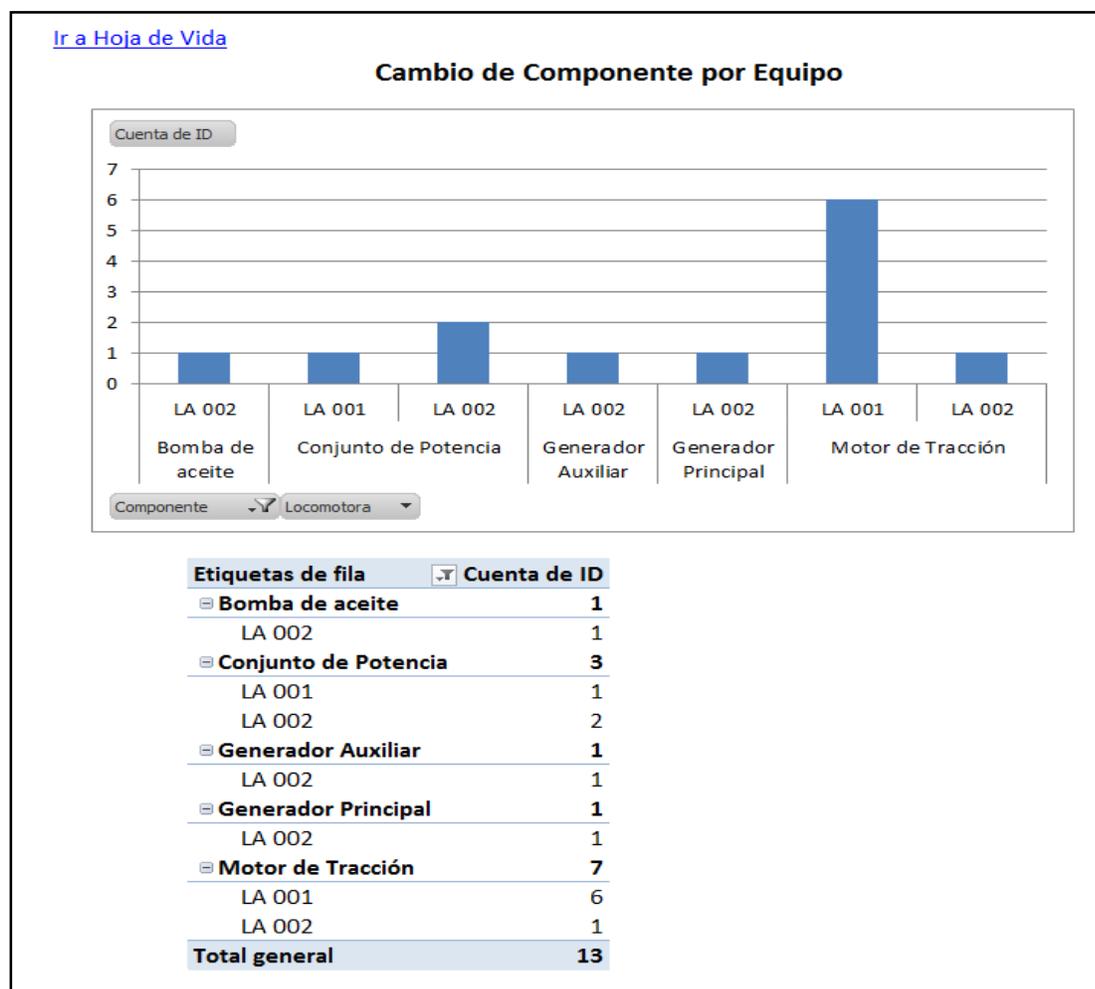
**Fuente:** Elaboración Propia.

*Cambio de componentes por equipo*

Uno de los problemas más comunes cuando se envía a reparar un componente es saber de qué equipo vino, ya sea porque se maneja mucha información manual o falta de organización. Con esta tabla y gráfico dinámico se puede ver a que equipo se le ha cambiado más de una vez un componente y, si se le compara con la vida útil desde el inicio de operación del equipo, se puede saber si es acorde o no la información, o el equipo está presentando alguna anomalía que no se ha detectado.

**Figura 36**

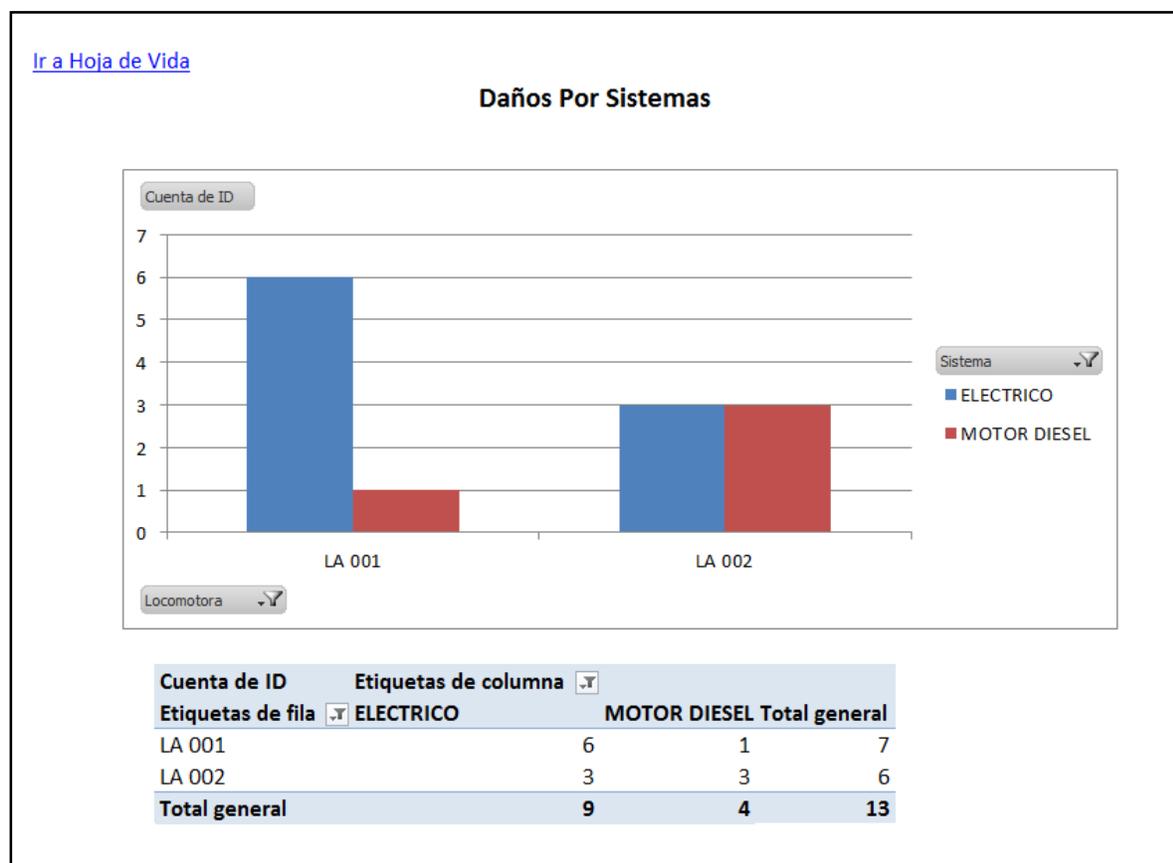
*Cambio de Componentes por Equipo.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

### *Daños por sistemas*

Otro punto es el Daño por Sistemas en el equipo. Aquí se muestra cada uno de ellos. Así pueden programarse órdenes o trabajos específicos, sin afectar a otro sistema, esto apuntando a la confiabilidad de la información y del equipo.

**Figura 37***Daños por Sistemas.***Fuente:** Elaboración Propia.***Bases indicadores***

El objetivo principal en esta tabla es alimentarse con la información para calcular los indicadores de MTBF y MTTR de cada equipo. Se seleccionan el mes y el equipo de la lista desplegable, con el fin de alimentar dicha información en Horas como el tiempo disponible que estuvo el equipo en ese mes, el tiempo de inactividad por fallas y el número de fallas. Toda esta información puede obtenerse de la hoja de trabajo filtrando por fechas y equipo.

**Figura 38**

*Ingreso de Información para Indicadores MTBF y MTTR.*

Fecha Inicial	Fecha Final	Mes	Equipo	Unidad de tiempo	Tiempo disponible	Tiempo de inactividad (por fallas)	Número de fallas	Tiempo productivo	MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas	MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones	Observaciones
01/01/2020	31/01/2020	Enero	LA 001	Horas	744	48	2	696,00	348,00	24,00	
01/02/2020	29/02/2020	Febrero	LA 001	Horas	696	248	6	448,00	74,67	41,33	
01/03/2020	31/03/2020	Marzo	LA 001	Horas	744	280	5	464,00	92,80	56,00	
01/04/2020	30/04/2020	Abril	LA 001	Horas	744	280	5	464,00	92,80	56,00	
01/05/2020	31/05/2020	Mayo	LA 001	Horas	744	280	5	464,00	92,80	56,00	
01/06/2020	30/06/2020	Junio	LA 001	Horas							
01/07/2020	31/07/2020	Julio	LA 001	Horas							
01/08/2020	31/08/2020	Agosto	LA 001	Horas							
01/09/2020	30/09/2020	Septiembre	LA 001	Horas							
01/10/2020	31/10/2020	Octubre	LA 001	Horas							
01/11/2020	30/11/2020	Noviembre	LA 001	Horas							
01/12/2020	31/12/2020	Diciembre	LA 001	Horas							

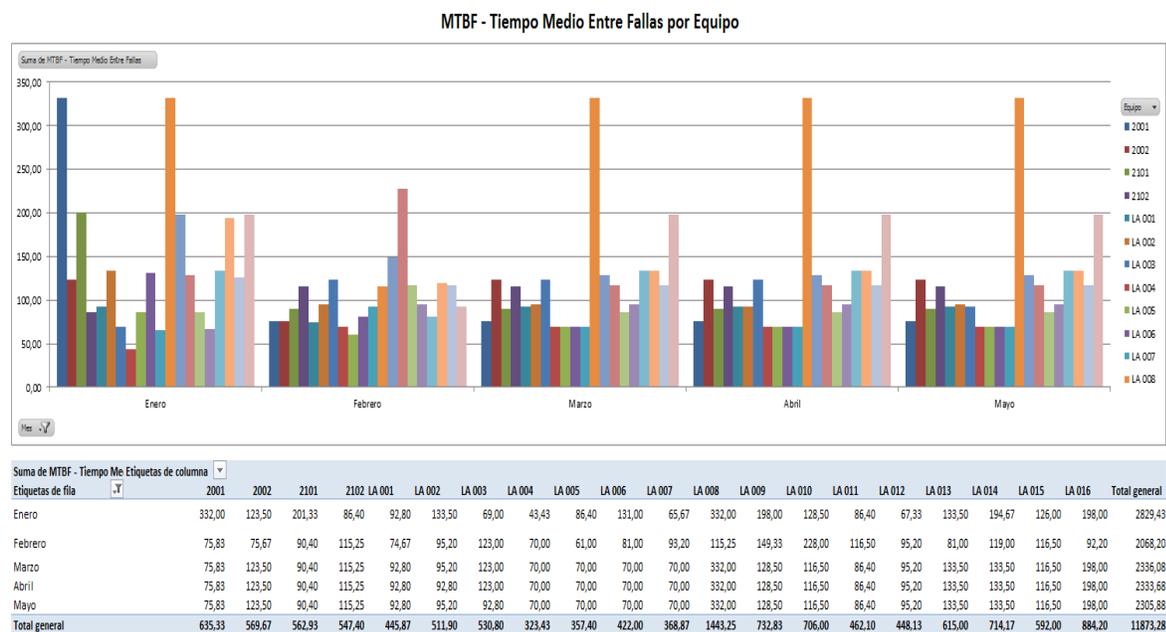
**Fuente:** Elaboración Propia.

### ***MTBF - Fallas por equipo***

Con respecto a esta tabla dinámica, se alimenta de la hoja Base Ind, que muestra el MTBF – el tiempo medio de fallas que ha tenido los equipos por cada mes, mostrando su comportamiento con el fin de tomar decisiones al respecto.

Figura 39

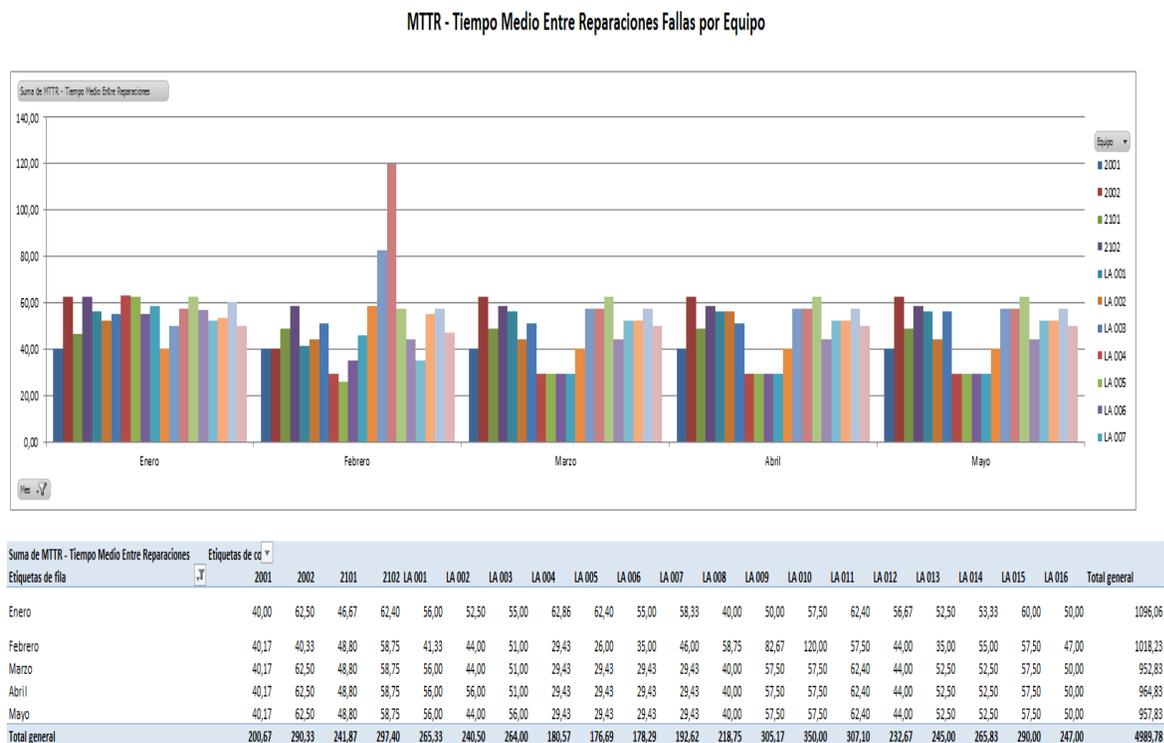
*MTBF - Fallas por Equipo.*



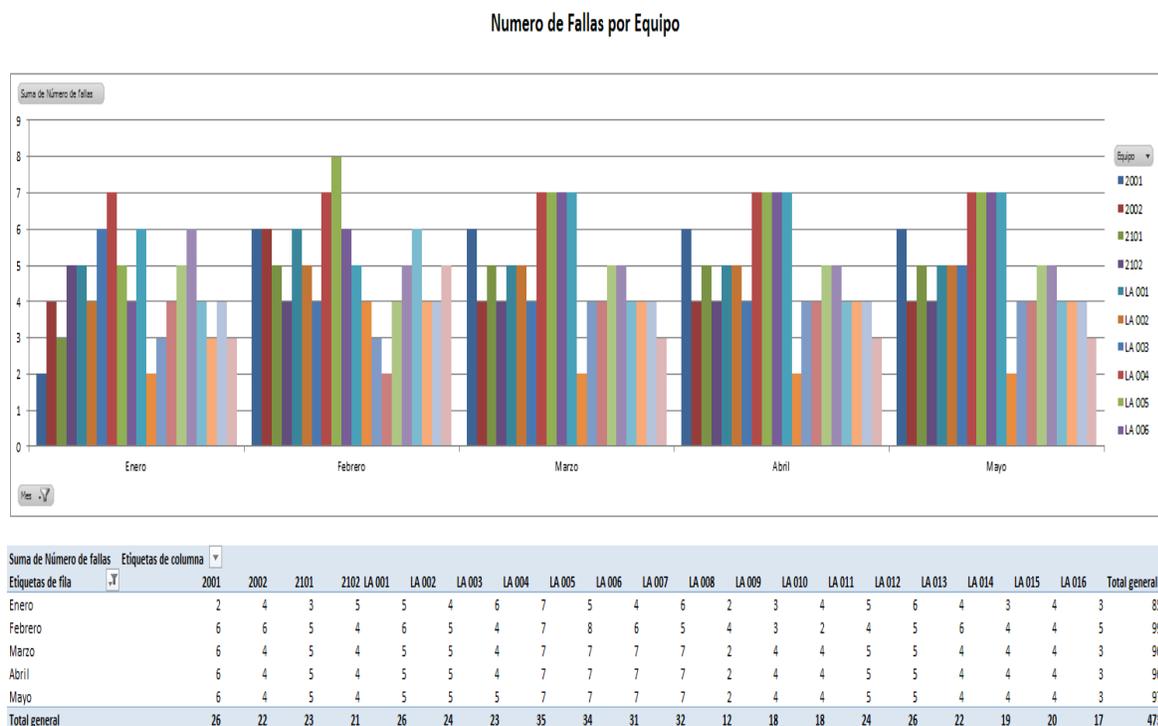
**Fuente:** Elaboración Propia.

### *MTTR – Fallas por equipo*

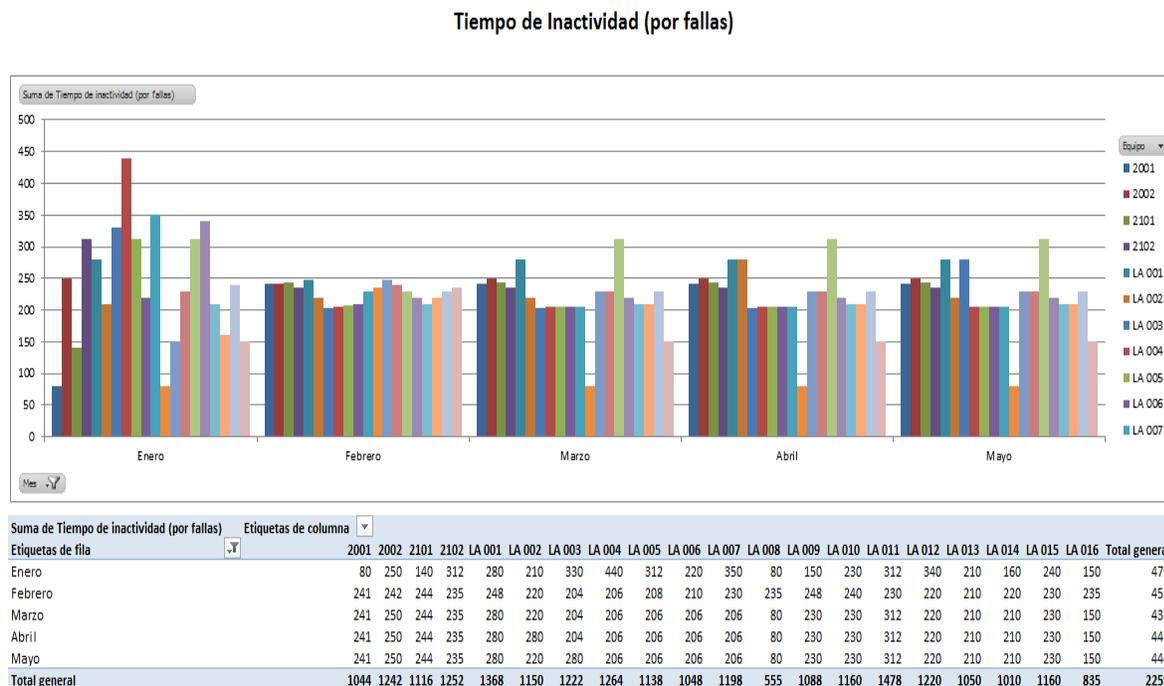
En cuanto a esta tabla dinámica, se alimenta de la hoja Base Ind, que muestra el MTTR – el tiempo medio entre Reparaciones que ha tenido los equipos por cada mes, mostrando su comportamiento con el fin de tomar decisiones al respecto.

**Figura 40***MTTR – Fallas por Equipo.***Fuente:** Elaboración Propia.**Número de fallas por equipo**

Con respecto a esta tabla dinámica, se alimenta de la hoja Base Ind, que muestra el número de fallas que ha tenido los equipos por cada mes, mostrando su comportamiento con el fin de tomar decisiones al respecto.

**Figura 41***Numero de Fallas por Equipo.***Fuente:** Elaboración Propia.***Tiempo de inactividad por fallas***

En relación con esta tabla dinámica, se alimenta de la hoja Base Ind, que muestra el tiempo de Inactividad por fallas que ha tenido los equipos por cada mes, mostrando su comportamiento con el fin de tomar decisiones al respecto.

**Figura 42***Tiempo de Inactividad por fallas*

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Formatos**

Vale la pena decir, que dentro del aplicativo se colocaron los formatos que serán utilizados dentro de la operación de Mantenimiento de Locomotoras, como apoyo para que la persona que lleve la información pueda tenerlos en dado caso de que se necesite alguna copia o ingresarle información de la Hoja de Trabajo y sea necesario realizar de forma inmediata

**Check List 45 días**

**Figura 43**

*Check List 45 Días.*

		<b>Mantenimiento Ferrocarril</b>			05-ene-20	
		<b>PM 45 Días</b>			Version 1	
					Pagina 1 de 2	
LOC N°:	Fecha inicio	Hora inicio	Supervisor			
OT:	Fecha final	Hora final	Supervisor			
Item	DESCRIPCION			RESUL/CANT VALOR	CHEQ. POR	
<b>ELECTRICIDAD DIESEL</b>						
1	Ler libro de locomotora y anota actividades realizadas					
2	Retirar filtros de cabina a zona de lavado					
3	Limpie radiador (Soplar con aire apresion)					LT
1	Soplado de cabina compartimiento electrico baterias generadores y neumaticos					
2	Verificar y corregir fallas en alumbrado					
3	luces numeros					
4	luces plataforma					
5	luces señales					
6	Faros: puntos de conexión criticos tb2fg p(negativo)					
7	Verificar comunicación del radio: Corija fallas encontradas					
8	Verificar conexiones de HTD					
9	Verificar estado de resistencias de patinamiento					
10	Verifique regulador de voltaje					
11	Realiza prueba de patinamiento en serie y paralelo comprobando el funcionamiento las alarmas y WSR.					
12	Verificar funcionamiento A/A					
13	Verificar funcionamiento de torre de enfriamiento (accionar ECR. 1, 2.) Escobillas y conexiones					
14	Revisar vornes y nivel de agua de las baterias corija fallas, haga aseo con agua					
15	Revisar y calibrar contacto auxiliares, contactores de potencia					
16	Revisar y tomar datos de valor ohmico de las bobinas de contactores de potencia esta debe se de 760 ohmios +					
17	Verificar y completar si es necesio full de aceite de caja de engranaje de generador principal					
18	Meggear circuito de alto voltaje.					
19	Inspeccionar motor bomba de combustible en busca de ruidos anormales, tomar datos de corriente de la bomba					
20	Revisar electricamente los motores de traccion					

**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

*Check List 90 días o 3 meses*

**Figura 44**

*Check List 90 Días o 3 meses.*

		<b>HOJA DE TRABAJO PM</b>			CODIGO: PM 001	
					ELABORADO 01 ENE 2020	
LOCOMOTORA	TIPO PM	TIEMPO ESTIMADO		ORDEN DE TRABAJO N°		
FECHA ENTRADA	_____	FECHA ENTRADA	_____			
HORA ENTRADA	_____	HORA ENTRADA	_____			
GRUPO QUE INICIA	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	GRUPO QUE INICIA	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C			
FIRMA SUPERVISOR INICIA		FIRMA SUPERVISOR FINALIZA				
DEMORAS	FECHA INICIO	HORA INICIO	FECHA FINAL	HORA FINAL		
RUTA CRITICA						

**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

*Check List 180 días o 6 meses*

**Figura 45**

*Check List 180 días o 6 meses.*

	<b>HOJA DE TRABAJO PM</b>		CODIGO: PM 001								
			ELABORADO 01 ENE 2020								
Nº LOCOMOTORA	TIPO DE PM	NUMERO DE DIAS	ORDEN DE TRABAJO Nº								
FECHA DE ENTRADA _____ HORA DE ENTRADA _____ GRUPO QUE INICIA <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr></table>		A	B	C	FECHA DE SALIDA _____ HORA DE SALIDA _____ GRUPO QUE ENTREGA <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr></table>				A	B	C
A	B	C									
A	B	C									
_____ SUPERVISOR QUE RECIBE		_____ SUPERVISOR QUE ENTREGA									
DEMORAS											
RUTA CRITICA											

**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

*OT u Orden de Trabajo*

**Figura 46**

*OT u Orden de Trabajo.*

	<b>MANTENIMIENTO FERROCARRIL</b>				01-ene-20	
	ORDEN DE TRABAJO				VERSION 1	
	LOCOMOTORA				PAGINA 1	
AREA DE DILIGENCIAMIENTO			MES	DÍA	AÑO	HORA
LOC Nº	FECHA Y HORA DE INICIO					
	FECHA Y HORA FINAL					
<b>REPORTE DE DAÑO DE EQUIPO:</b>						
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EFECTADO</b>						
Diligencie la orden de trabajo según los paso descritos						
1. SINTOMA 2. PROBLEMA 3. CAUSA 4. SOLUCIÓN 5. NOTA						

**Fuente:** Recuperado de DC Ferrocarriles, 2013

### Resultados Obtenidos

Recapitulando y según toda la información plasmada en el documento, se puede decir que los resultados esperados con este aplicativo fueron cumplidos en su totalidad, la herramienta está a prueba en el área de planeación de mantenimiento de equipos y gracias a su dedicación por todo el personal involucrado en el proceso de mantenimiento, se ha tenido mayor control y no habido reproceso de trabajos, esto ha provocado una disminución en horas hombres por realizar chequeos de componentes que ya se habían realizado.

**Tabla 9**

#### *Resultados Esperados*

<b>Indicadores</b>	<b>Peso</b>	<b>Formula</b>	<b>Cumplimiento</b>
Numero de fallas por equipo	50%	$= \frac{\text{Fallas por equipo}}{\text{Total de fallas}}$	SI
Tiempo medio entre reparaciones	25%	$= \frac{\text{Tiempo medio de reparaciones por equipo}}{\text{Total de tiempo medio de reparaciones}}$	SI
Tiempo medio entre fallas	25%	$= \frac{\text{Tiempo medio entre fallas por equipo}}{\text{Total tiempo medio entre fallas}}$	SI

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 10***Control de Actividades*

<b>Actividad</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>Mes 6</b>	<b>Mes 7</b>	<b>Mes8</b>
Presentar propuesta. Socialización del proyecto. Armado de bosquejos del proyecto. Recolección de observaciones.	2 visitas							
Visita de campo, recolección de datos.		4 visitas						
Diseño de herramienta de para control de mantenimiento. Entrenamiento y Entrega de listas de chequeo.			2 visitas					
Inicio de pruebas de la base de datos en campo. Seguimiento.				4 visitas				
Ajuste de datos con los supervisores					2 visitas			
Seguimiento.						2 visitas		
Validación de los resultados esperados							2 visitas	
Entrega de material.								1 visita

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla 11***Recursos y Gastos*

<b>RECURSOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
Equipo Humano	Diseñador del proyecto, aspirante al título académico.	800.000
Equipos y Software	Alquiler de Computador personal	800.000
	Alquiler de Impresora	240.000
Viajes y Salidas de Campo	Costos de visitas de campo 70. 000.00 C/U	560.000
Materiales y suministros	Resmas de block tamaño carta de 500 hojas, tóner, carpetas	300.000
Imprevistos		100.000
<b>TOTAL</b>		<b>2.800.000</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

## Conclusiones

Hay que destacar que el diseño de esta herramienta en Excel ha permitido al departamento de planeación tener el control de la información, además de la “disminución 25% en retrabajos a equipos, de una forma eficiente y eficaz desarrollando los procesos, con un buen resultado en sus actividades, las cuales se han ejecutado en el menor tiempo posible y con excelencia” (dcferrocarriles.com, 2020, párrafo 5), cumpliendo con el objetivo principal de la investigación: Diseñar un modelo de Sistematización para el Control de la Revisión y Mantenimiento de Locomotoras.

Hay que hacer notar que esta herramienta cuenta con los datos de las intervenciones que se han realizado en las locomotoras, lo cual la actual bitácora no proporciona de una manera completa. Ahora, con estos datos se controlarán y medirán los resultados de la gestión de la empresa hacia sus clientes, porque cuando se cuenta con la información real se puede evaluar y concluir si se están cumpliendo los objetivos.

Dicho de otra manera, su programación apoya a la planeación y el control de la ejecución de mantenimiento de las locomotoras, permitiendo registrar el tiempo de servicio de los componentes reparados de acuerdo con las condiciones reales de trabajo, para efectuar el recambio en el momento justo en que se debe realizar y anticipando la ocurrencia de un posible daño. De igual manera, facilita el acceso al personal técnico del historial de los equipos que es de gran apoyo en la toma de decisiones en relación con el cambio de componentes.

Es decir, esta herramienta es una ayuda para el personal que se encarga de planificar las actividades de mantenimiento, a tener una visión más amplia de la operación gracias a los indicadores establecidos, que muestran si los mantenimientos están acordes con lo planeado o si

están desfasados. La hoja de cálculo diseñada responde a las necesidades de la empresa y de operarios en particular, de hacer un mejor desempeño del trabajo.

En conclusión, se da respuesta a la pregunta planteada en la investigación la cual hace referencia a *¿La implementación de la sistematización de registros de los servicios de mantenimiento permite mayor control y eficiencia del servicio prestado?* Se puede decir que sí. Por las razones antes expuestas dentro de la investigación, gracias a esta herramienta se les ha permitido a los supervisores de mantenimiento tener control de forma ágil y oportuna de las actividades realizadas en las máquinas y de esta manera poder programar todos los mantenimientos de forma eficiente y haciendo uso racional y adecuado de los recursos que tienen a disposición.

## Recomendaciones

Se recomienda apoyar con esta herramienta la planificación de los mantenimientos y control de información de locomotoras intervenidas por DC ferrocarriles, registrar el tiempo de servicio de los componentes, actividades realizadas, actividades a realizar, estadísticas de tiempo operativo, tiempo inoperativo de las locomotora, listas de chequeo y ordenes de trabajo, contar esta información permitirá a la empresa tomar decisiones que se verán reflejadas en impactos positivos en lo económico y ambiental, el cambio de componentes serializados en el momento justo anticipando la ocurrencia de un daño ayuda a que se disminuya contaminación por residuos generados en la operación de los mantenimientos de equipos.

Se recomienda tener en cuenta el número serial de todo componente instalado como retirado de las máquinas, en caso de que el componente no cuente con un número de serie se debe asignar uno para su control, aquellos componentes que por su naturaleza no cuente con serial también se deben ingresar en el archivo, por nombre en las columnas respectivas.

Se recomienda restar importancia a la bitácora escrita a mano y darle gran importancia a esta herramienta ya que esta permite tener a la mano información de todas las actividades realizadas en las maquinas.

## Referencias Bibliográficas

- Asociación Colombiana de Ingenieros. (2018). *Glosario de Términos de Mantenimiento en Colombia*. Obtenido de <https://educacion.aciem.org/>:  
[https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Especial/Escrito/Glosario\\_Terminos\\_Mtto\\_2018.pdf](https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Especial/Escrito/Glosario_Terminos_Mtto_2018.pdf)
- Buenaño Moyano, L. F. (2016). Plan de Gestión de Mantenimiento Basado en el Análisis de Índices de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad de las Locomotoras Tipo BBB 2400 de Ferrocarriles del Ecuador Empresa Pública. Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5119/1/20T00753.pdf>
- Buitrago Cuellar, F. J. (2018). Modelo de Confiabilidad con Metodología (RAM) para un Sistema de Bombeo de Agua de Inyección. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/OneDrive/Documentos/TAREAS/Ciry/Locomotoras/TGT\\_1676.pdf](file:///C:/Users/Usuario/OneDrive/Documentos/TAREAS/Ciry/Locomotoras/TGT_1676.pdf)
- Caballero Romero, A. (2014). Metodología integral innovadora para planes y tesis - LA Metodología del cómo Formularlos. Mexico D.F.: Cengage Learning.
- Cárcel Carrasco, F. J. (2014). La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas. España: OmniaScience.
- Cherres Fajardo, D. A., & Ñauta Chuisaca, J. J. (2015). Estudio de Implementación del sistema de mantenimiento predictivo en la compañía Ecuatoriana del Caucho Erco. Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11282/1/UPS-CT005547.pdf>

- DCFERROCARRILES. (2013). *Visión DCFERROCARRILES*. Obtenido de <http://www.dcferrrocarriles.com/EXTREME/index.php/nuestra-compania/vision>
- Díaz De la Cruz Cano, J. M., & Sánchez, Á. M. (2016). *Mecánica para Ingenieros*. España: Dextra Editorial.
- Echávarri Otero, J., Muñoz Sanz, J. L., & Batista Paz, E. (2014). *Problemas de Mecanismos*. España: Sexta Editorial.
- García Garrido, S. (2009). *Las 5 cosas que debe hacer un Gmao (O CMMS)*. Obtenido de Renovetec: <http://mantenimiento.renovetec.com/software-de-mantenimiento/126-5-claves-de-un-gmao>
- García Garrido, S. (2010). *La Contratación del Mantenimiento Industrial*. España: Diaz de Santos.
- Gual Pedrozo, C. A., & Mora Montiel, C. A. (2002). *Plan de Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de los Bancos de Prueba (Motor - Generados DC - Motores Monofásicos) del laboratorio de Ingeniería Electrica*. Cartagena, Colombia. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0001031.pdf>
- Guerrero Dávila, G., & Guerrero Dávila, M. C. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN - Serie integral por competencias*. Mexico D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Hernández Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio , P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Montreal: MCGRAW-HILL .
- Hurtado de Barrera, J. (2000). *Investigación Holística*. Caracas: Sypal.

- IRIM. (2015). ¿qué son los indicadores de mantenimiento? Obtenido de <http://www.renovetec.com/irim/302-que-son-los-indicadores-de-mantenimiento>
- Lafont Morgado, P., Diaz Lantada, A., & Echavarri Otero, J. (2015). Diseño y Cálculo de Transmisión por engranajes. España: Dextra Editorial.
- Lamas Sanchez, L. A. (2017). *Beneficios de Contar con un Software para Gestión de Mantenimientos*. Obtenido de <https://solumant.com/>: <https://solumant.com/beneficios-de-contar-con-un-software-para-gestion-de-mantenimientos/>
- López Abarca., K. (2017). *Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para el Taller Electromecánico del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER) División Pacífico*. Obtenido de Tecnológico de Costa Rica: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9638/dise%C3%B1o\\_modelo\\_gestion\\_mantenimiento\\_para\\_taller\\_electromecanico\\_instituto\\_costarricense\\_ferrocarriles.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9638/dise%C3%B1o_modelo_gestion_mantenimiento_para_taller_electromecanico_instituto_costarricense_ferrocarriles.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento Planeación, Ejecución Y Control*. Mexico: Alfaomega. [https://www.academia.edu/37071909/Libro\\_Mantenimiento\\_Alberto\\_Mora\\_1ed\\_1\\_](https://www.academia.edu/37071909/Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1_)
- Morales Castro, J. A., & Morales Castro, A. (2009). *Proyectos de inversión Evaluación y Formulación*. Mexico D.F.: The McGraw-Hil.
- Morales Quintana, L. A. (2002). *Diseño de un modelo Matemático de mantenimiento predictivo para cuantificar el desgaste de los motores diesel de la empresa Intercor - El Cerrejón zona norte*. Cartagena de Indias, Colombia. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0000139.pdf>

Moubray, J. (2004). *RCM II – Reliability Centred Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.

Muñoz Abella, M. (2002). *Mantenimiento Industrial*. Madrid, España. Obtenido de

<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

Ñaupas Paitan, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014).

*Metodología de la Investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.

Onieva Giménez, L., Escudero Santana, A., Cortés Achedad, P., Muñuzuri Sanz, J., & Guadix

Martín, J. (2017). *Diseño y Gestión de Sistemas Productivos*. España: Dextra Editorial.

Pascual Andreu, F. (2015). *Mantenimiento electromecánico ferroviario: adaptación de*

*herramienta informática, modelado y análisis de sensibilidad de costes LCC en función de la fiabilidad*. Zaragoza, España. Obtenido de

<https://zagan.unizar.es/record/47419/files/TESIS-2016-027.pdf>

Rivera Martínez, F., & Hernández Chávez, G. (2010). *Administración de proyectos - Guía para*

*el aprendizaje*. Mexico D.F.: Pearson.

Rodríguez Villalón, P. A. (2018). *Estrategia de Negocio Basada en un Plan de Mantenimiento a*

*Sistema de Frenado Ferroviario*. Santa Marta, Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43825/3560901064032UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valuekeep. (2020). *¿Qué es el MTTR y MTBF?* Obtenido de

<https://valuekeep.com/es/recursos/e-books-articulos/que-es-el-mttr-y-mtbf/>

ZAPATA MEJÍA, A. (2011). Mantenimiento de Ruedas Ferroviarias. Obtenido de Universidad Eafit:

[https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/4434/Alejandro\\_ZapataMejia\\_2011.pdf;jsessionid=18369E3EAFE549CF7DD63C772CA95A7?sequence=1](https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/4434/Alejandro_ZapataMejia_2011.pdf;jsessionid=18369E3EAFE549CF7DD63C772CA95A7?sequence=1)

## **Anexos**

**Anexo 1**

Socialización de la Herramienta.



Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 2**

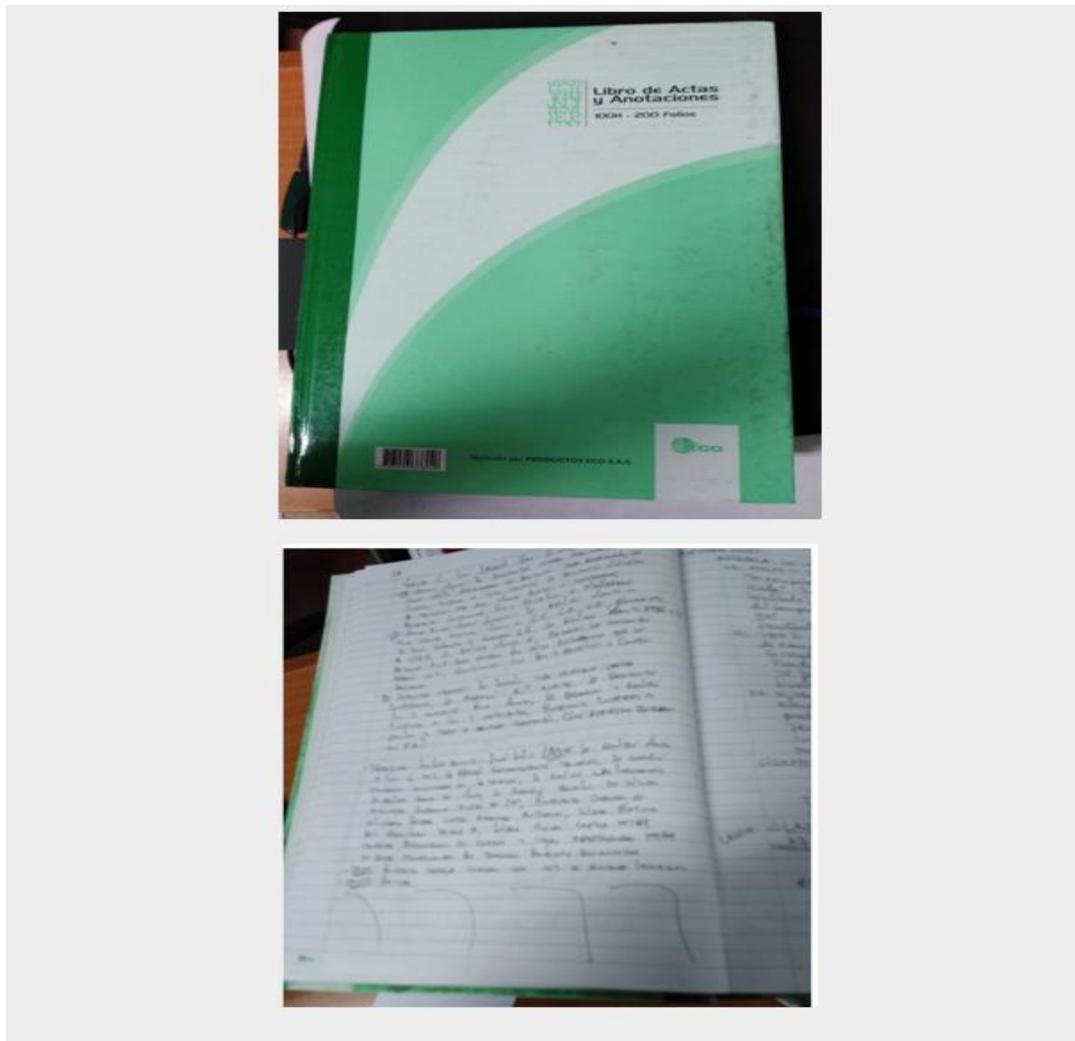
Lista de Personal.

No	NOMBRES COMPLETOS	EMPRESA O SUBCONTRATISTA/PROVEEDOR	CEDULA	FIRMA
1	Andrés A. Rivera Bernal	DC Ferramiles	1070946283	[Firma]
2	Andrés J. Rodríguez	DC Ferramiles	94727758	[Firma]
3	Andy Pérez Bohio	DC Ferramiles	1081811570	[Firma]
4	Andrés Cantillo Acaudov	DC Ferramiles	1082884078	[Firma]
5	Andrés de la Rosa P.	DC Ferramiles	12619814	[Firma]
6	Manuel Benito González	DC Ferramiles	11442658	[Firma]
7	Edison Muñoz Duarte	DC Ferramiles	100359337	[Firma]
8	WENMAR NADAR PASTOR	DC Ferramiles	108294250	WENMAR N.
9	Y. María...	DC Ferramiles	1040070135	[Firma]
10	Yelmer Celedón Muñoz	DC Ferramiles	1082741140	[Firma]
11	Yury González Ballú	DC Ferramiles	105205168	[Firma]
12	Yanira Angeli Kiroi Herrera	DC Ferramiles	1240944952	[Firma]
13	Yuliana Yanez Adams	DC Ferramiles	11755471	[Firma]
14	Carlos García	DC Ferramiles	1.074.614.70	[Firma]
15				
16	Yury Carlos González G.	DC Ferramiles	1149284	[Firma]
17	ADOLFO SOLÍS	DC Ferramiles	88225386	[Firma]
18	Harold Yáñez Senter	DC Ferramiles	114324206	[Firma]
19	Juan Solís Pérez Vivero	DC Ferramiles	105232812	[Firma]
20	Alexis Gutiérrez	DC Ferramiles	1131008504	[Firma]
21	Luis Fernando Muñoz Vela	DC Ferramiles	1065183450	[Firma]
22	Yusef Hernández Solís	DC Ferramiles	65502783	[Firma]
23	Juan Alfredo Díaz García	DC Ferramiles	8554470	[Firma]
24	Edy Campes Colabar	DC Ferramiles	85372429	[Firma]
25	Alte. Luiza (Lancha)	DC Ferramiles	841865094	[Firma]
26	JHON WILLIAM ROMERO N	DC Ferramiles	1070983018	[Firma]
27	Edison Bernal Duarte	DC Ferramiles	1070761657	[Firma]
28				
29				
30				
31				
32				

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3

Libro de Actas y Anotaciones.



**Fuente:** DC Ferrocarriles.

## Anexo 4

Certificado de proyecto.



Santa Marta D.T.C.H., 14 de septiembre de 2020

UNAD

Cuerpo Docente

Asunto, Certificado Proyecto

Respetados Docentes

La presente es con el fin de certificar que el Sr. Adolfo Solís Piedrahita, desarrollo en las instalaciones de la Compañía, bajo autorización y acompañamiento por parte del Supervisor de Mantenimiento, el Proyecto "Diseño y sistematización para control de la revisión y Mantenimiento Locomotoras Empresa D.C. Ferrocarriles S.A.S.", el cual consiste en generar un programa en Excel para llevar un control de dichos mantenimientos y a su vez planear de manera oportuna las intervenciones en las Locomotoras y el cambio de componentes de las mismas.

Este certificado se da a solicitud del interesado a los catorce días del mes de septiembre del año en curso, para los fines pertinentes.

Cordialmente,

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Luis Carlos Londoño G.", with the number "11449284" written below it.

Luis Carlos Londoño G.

Supervisor de Mantenimiento D.C. Ferrocarriles S.A.S.

Cel. 3175861987

**Fuente:** DC Ferrocarriles.