

**Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo
(caso estudio metodología 8 pasos)**

Jeyson Gordillo Chacón

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en gerencia de mantenimiento

Miguel Angel Urián Tinoco

Bogotá, 2021

Índice

1	Título de la investigación.....	8
2	Problema de investigación.....	8
2.1	Descripción del problema.....	8
2.2	Planteamiento del problema.....	9
2.3	Sistematización del problema.....	9
3	Objetivos.....	10
3.1	Objetivo general.....	10
3.2	Objetivos específicos.....	10
4	Justificación, delimitación y limitaciones.....	10
4.1	Justificación.....	10
4.2	Delimitación.....	12
4.3	Limitaciones.....	12
5	Marco conceptual.....	13
5.1	Estado del arte.....	13
5.1.1	Estado del arte local.....	13
5.1.2	Estado del arte nacional.....	17
5.1.3	Estado del arte internacional.....	20
5.2	Marco teórico.....	23
5.2.1	Teoría del Mantenimiento.....	24
5.2.2	Historia del mantenimiento.....	24
5.2.3	Gestión de mantenimiento.....	26
5.2.4	Auditoría de gestión al mantenimiento.....	27
5.2.5	Tipos de Mantenimiento.....	29
5.2.6	Metodologías de mantenimiento.....	32
5.2.7	Costos y beneficios de la implementación de un sistema de Mantenimiento.....	35
5.2.8	Metodología de 8 pasos.....	37
5.3	Marco normativo o legal.....	38
5.3.1	Normas ISO 55000.....	38
5.3.2	Normas ISO 9000.....	39
5.3.3	ISO 14224.....	40

5.3.4	Estándar SAE-JA	41
5.3.5	UNE-EN 17007.....	41
6	Marco metodológico	42
6.1	Recopilación de la información.....	42
6.1.1	Tipo de investigación	42
6.1.2	Fuentes de obtención de la información	43
6.1.3	Herramientas de la investigación	43
6.1.4	Metodología de la investigación	44
6.1.5	Recopilación de la información	45
6.2	Análisis de la información.....	50
6.2.1	Formato auditoría (Anexo 1)	50
6.3	Propuestas de solución	64
6.3.1	Requerimientos de los técnicos.....	64
6.3.2	Atención al cliente	65
6.3.3	Definición de indicadores de gestión, medición de mejoras y metas.	70
7	Impactos esperados	75
8	Análisis Financiero	76
8.1	Inversión generada	76
8.2	Utilidad esperada.....	78
8.3	Retorno Operacional de la Inversión.....	80
8.3.1	ROI escenario menos favorable (utilidad 5%).....	80
8.3.2	ROI escenario menos favorable (utilidad 10%).....	81
9	Conclusiones y recomendaciones	81
9.1	Conclusiones	81
9.2	Recomendaciones.....	82
10	Bibliografía	82
11	Referencias.....	86

Índice de ilustraciones

Imagen 1. Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM)	38
Imagen 2. Mantenimientos y limpiezas llevadas a cabo en el mes de abril.....	47
Imagen 3. Programación de mantenimientos por cada activo	48
Imagen 4. Formato de solicitud de repuestos.....	65
Imagen 5. Formato de inspección para Montacargas tipo Contrabalanceado	66
Imagen 6. Formato de inspección para Estibadores eléctricos	67
Imagen 7. Formato de inspección para Montacargas eléctricos tipo Pantógrafo	68
Imagen 8. Formato de inspección para Montacargas de combustión	69
Imagen 9. Uso de formatos para llevar un control de la maquinaria	70

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de investigación definidos por la Universidad ECCI.	42
Tabla 2. Análisis fase 1 de la metodología.	51
Tabla 3. Fase 1, Información de registros e insumos.....	52
Tabla 4. Fase 2, caracterización de activos y sus respectivos planes.	53
Tabla 5. Fase 2, caracterización de activos agrupados y sus respectivos planes de mantenimiento.....	53
Tabla 6. Fase 2, caracterización de activos sin agrupar con sus respectivos planes de mantenimiento.....	54
Tabla 7. Fase 3, Análisis de fallas y daños en activos de alta importancia.	56
Tabla 8. Fase 3, Análisis de fallas y daños en activos de alta importancia.	57
Tabla 9. Fase 4, Planes de mantenimiento preventivo diario.	58
Tabla 10. Fase 4, Planes de mantenimiento preventivo mensual.	59
Tabla 11. Fase 4, Clasificación de la eficiencia de los planes actuales.	60
Tabla 12. Fase 4, Calificación de los planes actuales.	60
Tabla 13. Fase 4, Compatibilidad entre planes de mantenimiento y los activos de la empresa. .	61
Tabla 14. Fase 5, Programación de los mantenimientos preventivos mensuales.	62
Tabla 15. Fase 5, Recursos requeridos para llevar a cabo los mantenimientos.	63
Tabla 16. Fase 7, Análisis del ciclo de vida para los activos con los que actualmente cuenta la empresa.	72

Tabla 17. Fase 7, Formato para definir el ACV para los activos de la empresa.....	72
Tabla 18. Fase 7, Posible renovación maquinaria.....	73
Tabla 19. Fase 8, Análisis del ciclo de vida para los activos que serán adquiridos para reemplazar los antiguos.....	74
Tabla 20. Fase 8, Definición del ciclo de vida esperado para la maquinaria a adquirir.	74
Tabla 21. Costo para la empresa por empleado.	76
Tabla 22. Costo para la empresa del proceso de contratación en atención al cliente.	77
Tabla 23. Costos totales mejora de comunicación con los clientes.	77
Tabla 24. Costos de capacitación.....	78
Tabla 25. Costos totales.	78
Tabla 26. Ingresos mensuales actuales por los 44 activos.....	79
Tabla 27. Utilidad por cada escenario establecido.....	79
Tabla 28. Costos de inversión anuales y mensuales	80

Introducción

El mantenimiento preventivo se ha consolidado como un proceso necesario en toda organización que base su medio productivo en el uso de maquinaria, ya que mediante este se busca evitar las fallas presentadas en los activos de toda empresa, evitando pérdidas económicas producto de los parones en producción y de medidas correctivas desencadenadas por errores en los equipos. El mantenimiento preventivo es una herramienta primordial para conservar en un estado adecuado los componentes de un equipo, lo que permite la optimización los procesos productivos junto con alargar la vida útil de los activos.

La metodología de 8 pasos se propone como un modelo de gestión de mantenimiento (MGM) compuesto por 8 fases las cuales buscan caracterizar las acciones a llevar a cabo en el proceso de mantenimiento en toda empresa u organización, con el objetivo de evitar pérdidas productivas y económicas producto de fallas que puedan presentar de forma súbita los activos de la organización gracias a que la metodología tiene como fin asegurar la eficiencia, eficacia, la evaluación del sistema y la mejora continua del mismo.

Resumen

El presente trabajo se concibe con la finalidad de desarrollar una metodología de mantenimiento aplicable a cualquier organización tomando como base la mejora continua del sistema mediante la constante evaluación de los activos de la empresa.

Para llevar a cabo el mantenimiento de 8 pasos se desarrolló un formato de recolección y evaluación de datos por cada una de las ocho etapas que componen la metodología, garantizando la correcta implementación de cada una de las etapas en el diagnóstico de la organización y sus activos.

Finalmente, y con el fin de dar un ejemplo de implementación del sistema se llevó a cabo el análisis de la empresa Mundial de Montacargas SAS, en el cual se evaluó el mantenimiento de 44 activos con los que cuenta la organización, definiendo planes de mantenimiento de tipo preventivo con el fin de evitar fallos de producción junto a otras variables que se muestran a lo largo del documento.

Palabras Clave

Activos, Mantenimiento, Mejora continua, Metodología, Preventivo.

Abstract

This work is conceived with the purpose of developing a maintenance methodology applicable to any organization based on the continuous improvement of the system through the constant evaluation of the company's assets.

In order to carry out the 8-step maintenance, a data collection and evaluation format was developed for each of the eight stages that make up the methodology, ensuring the correct implementation of each of the stages in the diagnosis of the organization and its assets.

Finally, and in order to give an example of the implementation of the system, the analysis of the company Mundial de Montacargas SAS was carried out, in which the maintenance of 44 assets of the organization was evaluated, defining preventive maintenance plans in order to avoid production failures together with other variables that are shown throughout the document.

Keywords

Assets, Maintenance, Continuous improvement, Methodology, Preventive.

1 Título de la investigación

Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo caso estudio: metodología 8 pasos.

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Pese a que las empresas cuentan con una amplia diversidad de metodologías para llevar a cabo los procesos de mantenimiento necesarios, estas no disponen de un modelo el cual permita realizar una evaluación de la gestión del mantenimiento por parte de los empleadores o desarrolladores encargados de llevar a cabo los planes de mantenimiento en las empresas, además de efectuar un control de los activos que se ven involucrados en estos procedimientos, por lo que la aplicación de las herramientas para determinar los activos a tener en cuenta dentro del plan de mantenimiento preventivo no termina siendo la adecuada.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la mayoría de las veces quienes realizan el plan en las compañías no cuentan con el conocimiento requerido para efectuar de forma totalmente acertada el diseño del mismo, lo que genera vacíos e inconsistencias dentro de los mismos, por ejemplo, al momento de concertar de forma idónea el objetivo principal y las metas del plan con los objetivos específicos del mismo.

Según Murillo M. & Restrepo L. (2016), el tejido empresarial nacional colombiano está constituido en un 98% por micro y pequeñas empresas (92,1% y 5,9% respectivamente), por lo que es muy probable que no cuenten con el presupuesto para implementar un plan de mantenimiento adecuado. Por último, y partiendo del punto anterior en el cual la gran mayoría de

empresas no lleva a cabo planes de mantenimiento por cuestiones monetarias, de las empresas que llevan a cabo estas acciones la mayoría no cuenta con información adecuada de los procesos de mantenimiento realizados, lo que dificulta de mayor forma el análisis de las operaciones y con esto la optimización y el mejoramiento de dichas acciones debido a la disposición y existencia de información disponible del tema.

2.2 Planteamiento del problema

Acorde con lo comentado en el numeral 2.1 se plantea la pregunta de investigación:

¿Que debe contener un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo a través de la metodología de los 8 pasos?

2.3 Sistematización del problema

¿Cuáles son las metodologías existentes para implementar un plan de mantenimiento preventivo?

¿En qué consiste la metodología de los 8 pasos y las ventajas de su implementación para elaborar un plan de mantenimiento preventivo?

¿Cómo evaluar el grado de implementación de la metodología de gestión de mantenimiento en 8 pasos?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo a través de la metodología de los 8 pasos.

3.2 Objetivos específicos

Identificar las metodologías existentes con el fin de evaluar la viabilidad de aplicación con la de 8 pasos.

Describir la metodología de los 8 pasos estableciendo las ventajas de implementación.

Desarrollar el modelo de auditoría para evaluar la metodología de los 8 pasos y establecer su viabilidad.

4 Justificación, delimitación y limitaciones

4.1 Justificación

Las organizaciones a nivel global se han convertido en participantes muy competitivos, esto las obliga a ser dinámicas en su respectivo mercado, generando de esta forma altos niveles de calidad de sus servicios y productos junto con un sistema de productividad eficiente, lo que favorece a cada una para la permanencia en su respectivo mercado. Por esta razón toda organización que quiera ser competitiva necesita un sistema de planificación estructurado en cada una de sus actividades internas.

Una de las actividades más importantes dentro de una organización es el mantenimiento de sus equipos, la cual debe contar con un sistema estructurado que se enfoque en los objetivos y metas de la empresa, contribuyendo en la reducción de los costos, minimización del tiempo muerto de los equipos, mejora de la calidad del producto, e incremento de la productividad, mediante el cual, se garantice tener el equipo en condiciones óptimas y confiables, que sea seguro y con una configuración óptima, buscando lograr las metas de producción trazadas o solicitadas. Para estos fines es necesario contar con una gestión de mantenimiento que soporte el plan de mantenimiento, y se enfoque en la estrategia seguida por la empresa, esta puede ser preventiva, correctiva, de alta confiabilidad o de clase mundial. El presente estudio se centra en la evaluación mediante un modelo para evaluar el proceso de implementación de la metodología 8 pasos.

Como se cita en Viveros P. et al. (2013), la gestión del mantenimiento moderna incluye todas las actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades de mantenimiento, junto con las estrategias y las responsabilidades. Según Viveros P. et al. (2013), aquello facilita la planificación, programación y control de la realización del mantenimiento, buscando garantizar una mejora continua y considerando aspectos económicos relevantes para la organización. Los mismos autores definen que una adecuada gestión del mantenimiento es aquella que tiene en cuenta el ciclo de vida de cada activo físico, y esta debe cumplir los objetivos de disminuir los costos globales de la actividad productiva, garantizar el correcto desempeño de los equipos y sus funciones, aminorar al máximo los riesgos para las personas junto con los impactos negativos sobre el medio ambiente, lo que genera, además, procesos y actividades que soportan los objetivos mencionados. Por lo mencionado, la gestión del mantenimiento se convierte en un factor clave de competitividad cuyo valor en el ámbito empresarial crece día a día. De esta razón deriva la necesidad de conceptualizar y comprender los procesos mínimos necesarios para llevar a cabo una correcta gestión de

mantenimiento en una empresa u organización. Incluso, la correcta implementación de un plan permitiría explicar en detalle el objetivo y agregación de valor de cada una de las etapas allí propuestas, detallando el uso de herramientas de gestión que fundamentan y aterrizan en términos operativos la conceptualización y función de cada una de las etapas.

El presente documento se centra en la aplicación del mantenimiento de tipo preventivo, según Gómez G. & Manga R. (2006) este surge de la necesidad de disminuir el correctivo y todo lo que este representa, además de reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos desgastados antes de que se presenten fallos que generen pérdidas en los procesos, lo que traerá como consecuencia a la organización una reducción de costos de producción y una disponibilidad superior, esto favorece una planificación de los trabajos de los encargados del mantenimiento, así como una previsión de los cambios o medios necesarios.

4.2 Delimitación

Esta investigación se desarrollará durante los meses de julio de 2021 a enero de 2022, en la Empresa Mundial de Montacargas SAS ubicada en la ciudad de Bogotá.

4.3 Limitaciones

El desarrollo de este trabajo es de tipo investigativo para el cual solo se requiere de recursos (conocimientos, experiencia y tiempo) del autor del trabajo.

Por ser investigativo se puede tener limitaciones en cuanto a la información teórica, lo cual limita a basar la investigación en la experiencia técnica de personal con conocimientos en planes de mantenimiento.

Por otra parte, la obtención de datos en empresas oficiales se dificulta por motivos de existencia o disposición misma de información referente a los planes de mantenimiento que se han llevado a cabo, por lo que el estudio se centra en la información originaria de la empresa Mundial de Montacargas SAS junto a información secundaria recopilada mayormente en trabajos de investigación de otros autores.

5 Marco conceptual

5.1 Estado del arte

Mediante las referencias obtenidas de los proyectos universitarios, artículos de investigación de la Universidad ECCI, universidades nacionales y del exterior se dará un enfoque y direccionamiento al tema y así simplificar lo planteado para ofrecer un documento comprensible, teniendo en cuenta la aplicación de los procesos de mantenimiento preventivo.

5.1.1 Estado del arte local

5.1.1.1 Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico

En el año 2016 los estudiantes Castillo C. & Vaca J. presentan la tesis de grado titulada “Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico” para la universidad ECCI, en el cual buscan analizar dicha gestión a través del uso de herramientas que posibiliten observar el panorama actual del departamento de la empresa y de esa forma formular recomendaciones que ayuden a mejorar la gestión en el área. El trabajo citado tiene clara importancia ya que se establece una evaluación basada en la matriz de la excelencia de mantenimiento para observar y analizar en qué clase de mantenimiento se encuentra actualmente la compañía y según los datos obtenidos percibir si son enfocados o no a la visión de la organización, lo que puede guiar la creación de nuestro modelo para evaluar la implementación

del mantenimiento de 8 pasos. Finalmente, con base a la creación y análisis de la matriz se encontraron varias acciones de mejora en el departamento de la empresa estudiada, estableciendo que la compañía se encuentra según la escala de mantenimiento en un tipo de mantenimiento correctivo (Castillo C. & Vaca J, 2016).

5.1.1.2 Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa cimentaciones de Colombia LTDA

El estudiante Urrego Torres J., en el año 2017 presenta el trabajo de grado denominado “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa cimentaciones de Colombia LTDA” para la Universidad Santo Tomás, mediante el cual el autor busca crear un plan el cual de solución a las problemáticas presentadas en los equipos de la compañía ya que en varias ocasiones los plazos de ejecución establecidos para la entrega de proyectos a cargo de la empresa se han visto afectados por fallas repentinas en los equipos, lo que ha generado retrasos en las entregas, sobrecostos, afectaciones hacia la fuerza laboral de la organización y multas por incumplimiento de los términos de contrato. El documento citado nos da una guía de que criterios debe seguir el diseño, implementación y evaluación de un plan de mantenimiento del tipo preventivo, mediante los cuales se garantice la mejora continua del sistema, a través del enfoque en las mejoras de las condiciones de los activos, de forma en que se aumente la productividad extendiendo la vida útil y el óptimo funcionamiento de los mismos. (Urrego Torres , 2017)

5.1.1.3 Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas

Los autores Aguilar L. & Rodríguez H., en el año 2014 realizan el trabajo de grado denominado “Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas” para la Universidad Libre de Colombia, en el cual tienen como objetivo identificar los puntos críticos donde se afecte la productividad de la línea #3 en la empresa POSTOBON S.A. Para este fin se emplean análisis de modos de falla como el AMEF, análisis causa raíz de los aparatos críticos y se realiza una programación de mantenimiento según alcances e impacto. Finalmente, Aguilar L. & Rodríguez H. (2014), llevan a cabo la elaboración del plan de implementación, lo que nos sirve como guía ya que establecen el “*modelo para el plan de implementación del mantenimiento planificado basado en confiabilidad*”, el cual se estructura en 4 etapas las cuales buscan la capacitación del personal, mejorar el uso de documentación en la empresa, generar una rotulación de los puntos de lubricación en todos los equipos de la línea de producción con la información pertinente y por último terminar los trabajos los fines de semana con el fin de disminuir trabajos correctivos en las horas de producción. (Aguilar L & Rodriguez H, 2014)

5.1.1.4 Elaboración de un plan de mantenimiento para la planta principal de Tecnitiques Ingenieros

El estudiante Plazas Sandoval C., en el año 2019 presenta el proyecto de grado denominado “Elaboración de un plan de mantenimiento para la planta principal de Tecnitiques Ingenieros” para la Fundación Universidad de América, mediante el cual se evaluó el procedimiento que se llevaba a cabo en la empresa mencionada del mantenimiento de los equipos que son indispensables

en el proceso productivo, encontrando falencias a la hora de realizar mantenimiento. Para encontrar estos resultados se consultaron las fichas técnicas, las hojas de vida y el registro de reparaciones de cada equipo, para de esta forma tener una referencia con la cual se pudo determinar que mejoras se pueden realizar con base a esta información. Con la finalidad de facilitar la recolección de información y tener un mayor orden de la maquinaria de la empresa se optó por llevar a cabo diferentes estrategias como la elaboración de un formato de mantenimiento por máquina, un programa de implementación del plan de mantenimiento, entre otros.

Cabe resaltar que la elaboración del plan de mantenimiento propuesto por Plazas C. (2019), se toma como guía con el fin de conocer los pasos que se requieren para llevar a cabo uno de estos planes, lo que da una orientación a lo que debería tener el modelo de evaluación de la metodología de 8 pasos propuesto. (Plazas Sandoval C, 2019)

5.1.1.5 Diseño y propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la gestión del activo Maquina Embolsadora Razim

Los estudiantes Hernández Barón M. & Pinto Cantor E. presentaron en el año 2015 el proyecto de grado denominado “Diseño y propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la gestión del activo Maquina Embolsadora Razim”, para la Universidad ECCI, mediante el cual se buscaba obtener una correcta y adecuada implementación de un sistema de mantenimiento del tipo preventivo a la maquina mencionada, esto se debe a que según los autores el equipo estaba presentado fallas como: “Fallas mecánicas, eléctricas, banda transportadora plástica, alimentadora de polietileno, sistema de corte y sellado, sistema colocador de bolsa, falla de programación de software, falla foto celdas, sensores y boquilla de agarre de bolsa”, problemáticas que desencadenaban paradas en el sistema de producción generando el incumplimiento en las órdenes de producción, altos costos de mantenimiento correctivo y una baja confiabilidad y disposición del

activo. Con base en términos de calidad, seguridad, conservación del medio ambiente, y que mediante la cual se reflejara de igual forma una disminución del costo del mantenimiento. El documento citado sirve como guía ya que en él se desarrollan temáticas como estrategias para llevar a cabo un adecuado proceso de mantenimiento en la empresa junto al cálculo de costos de cada una de las partes de la propuesta, las cuales son aspectos que se pretenden tratar en el modelo propuesto para la metodología de 8 pasos. (Hernandez Baron M. & Pintor Cantor E., 2015)

5.1.2 Estado del arte nacional

5.1.2.1 Diseño de la estrategia de pasos para un mantenimiento preventivo e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la empresa Itacol S.C.A. ubicada en Girón Santander

El estudiante Vega Mendoza P. mediante el estudio realizado en el 2009 llamado “Diseño de la estrategia de pasos para un mantenimiento preventivo e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la empresa Itacol S.C.A. ubicada en Girón Santander” para la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, busca aumentar la confiabilidad de los equipos por medio del cambio de la estrategia que manejaba la empresa, la cual era una de tipo correctiva por una de índole preventiva. Al realizar este cambio de estrategia de mantenimiento por la diseñada se logra una reducción del 66% del costo de la estrategia actual correctiva, debido a que se espera reducir en un 75% el costo de las paradas no programadas.

Este documento sirve como referencia para conocer los detalles acerca del diseño de una estrategia de mantenimiento de tipo preventivo junto a los costos asociados a cada una de las etapas del proceso. (Vega Mendoza P., 2009)

5.1.2.2 Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladora e inyectora de la empresa Otorgo LTDA

Mediante el trabajo de grado denominado “Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladora e inyectora de la empresa Otorgo LTDA.”, presentada para la Universidad Autónoma de Occidente, Cali, el autor Barona Pulzara Y. (2010), busca dar solución a la problemática presentada por la empresa, la cual carece de un programa de mantenimiento de tipo preventivo para su maquinaria, lo que reduce la confiabilidad de estos equipos y además trae como consecuencia una baja eficiencia en la producción junto a altos costos de operación. El Plan determinado por el autor se basa en actividades relacionadas con lubricación, mantenimiento eléctrico o electrónico y mantenimiento mecánico. Para su diseño se estudiaron las fallas y deterioros encontrados en los reportes de producción de los años 2009 y 2010. El documento citado brinda información referente al diseño y desarrollo de un plan general de mantenimiento de tipo preventivo, indicando los beneficios que la implementación de este le brindarían no solo a la empresa Otorgo LTDA, sino brindado a las pequeñas y medianas empresas un punto de partida para aplicar otros incluso más complejos. (Barona Pulzara Y., 2010)

5.1.2.3 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa de centrifugados Concisa LTDA

El estudiante Aristizábal Torres D., en el año 2007 presenta su trabajo de grado denominado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa de centrifugados Concisa LTDA.”, empresa ubicada en el eje cafetero en el municipio de Dosquebradas, Risaralda, para la Universidad Tecnológica de Pereira, con el fin de solucionar la falencia que tiene la compañía al no contar con un plan de mantenimiento que permita prevenir posibles fallas que puedan presentar

sus equipos lo que afectaría el proceso productivo de la misma. Esta implementación del plan beneficiaría a la empresa aumentando la efectividad, eficiencia y rentabilidad financiera, junto con la preservación y mantenimiento de las instalaciones físicas y equipos evitando gastos por daños e incidentes que se puedan presentar. En el documento citado se muestra cómo llevar a cabo un análisis funcional a cada una de las máquinas inmersas en el plan, lo que da una guía para plantear el modelo de evaluación de la metodología de 8 pasos propuesta. (Aristizabal Torres D., 2007)

5.1.2.4 Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM

El autor Maya Velásquez J., en el año 2018 presenta su trabajo de grado denominado “Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM” para la Universidad Nacional de Colombia sede de Medellín, en el cual se tuvo como finalidad proponer encaminar y actualizar los programas de mantenimientos instaurados en la empresa, de forma que se dé dirección del área a los mantenimientos basados en condición, ya que al analizar el historial de fallas desde el 2010 se evidencio que la implementación de la metodología TPM de la compañía no se realizó de forma efectiva. En el trabajo citado se lleva a cabo la implementación un modelo de evaluación de fallas con el fin de encontrar los riesgos asociados a confiabilidad lo que representa una guía a cómo llevar a cabo un modelo para evaluar el tipo de mantenimiento aplicado en la maquinaria. (Maya Velasquez J., 2018)

5.1.2.5 Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para los equipos y vehículos de DINACOL S.A.

Mediante el trabajo denominado “Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para los equipos y vehículos de DINACOL S.A” presentado en el año 2011 a la Universidad Tecnológica

de Bolívar, ubicada en Cartagena, el autor Cárdenas Maza M. realizó un plan de mantenimiento cuyo objetivo fue permitir una optimización en la operatividad y en la eficiencia de los equipos, máquinas y vehículos de la empresa para realizar de forma correcta las operaciones requeridas por la compañía. El trabajo citado sirve como guía a nuestro modelo ya que el autor elabora una serie de formatos para el diseño del plan de mantenimiento que al igual que la metodología de 8 pasos es de tipo preventivo, en el cual se definen las actividades de mantenimiento a realizar, la periodicidad, los responsables, las herramientas a emplear y el tiempo de ejecución por cada una de las 5 máquinas con las que cuenta la compañía, además de generar un formato adicional para los vehículos de la misma. (Cardenas Maza M., 2011)

5.1.3 Estado del arte internacional

5.1.3.1 Metodología para la detección y prevención de fallas en equipos industriales de producción

En el 2009 el Ingeniero Esquivel Villar J., realiza el trabajo denominado “Metodología para la detección y prevención de fallas en equipos industriales de producción” para la Universidad Nacional Autónoma de México, con el fin de obtener dos productos del estudio, el primero es una metodología para la detección de fallas crónicas en equipos de producción y el segundo es una metodología que sirva para prevenir fallas esporádicas en los mismos equipos. Al igual que otros documentos citados con anterioridad el de Villar J. (2009) tiene como fin la aplicación de un sistema que permita incrementar la disponibilidad de la maquinaria inmersa en los procesos productivos, lo que mejoraría la calidad de los productos generados aumentando la competitividad y posicionamiento de la empresa en el mercado. El trabajo citado presenta una guía en el ámbito de la creación de una metodología de tipo preventivo, junto con un estudio de caso en el que se lleva a cabo el mantenimiento planteado en una empresa real, al igual que como se plantea en este

trabajo al aplicar y evaluar la metodología de 8 pasos en una compañía real. (Esquivel Villar J., 2009)

5.1.3.2 Implementación del Mantenimiento Preventivo y Correctivo en el Área de Guillotinado en una Empresa que Manufactura Plywood

El estudiante Cardona Trigueros L., presenta en el año 2005 el trabajo de grado denominado “Implementación del Mantenimiento Preventivo y Correctivo en el Área de Guillotinado en una Empresa que Manufactura Plywood” para la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el cual se tomó como base a la información obtenida de la maquinaria mediante la recopilación de formatos, fichas técnicas, historial de fallas, entre otros, y se definió la implementación de un mantenimiento de tipo preventivo el cual se llevó a cabo y tiempo después mediante un análisis de su aplicación se logró determinar que el paro de máquinas por fallas disminuyó, así como los costos por fallas. El documento citado posee una significancia para el actualmente realizado, ya que Cardona L. (2005) lleva a cabo la formulación de un plan de seguimiento a la aplicación del mantenimiento preventivo propuesto en su estudio, algo similar al del modelo propuesto en la presente investigación. (Cardona Trigueros L., 2005)

5.1.3.3 Implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motoras de combustión interna basado en la norma ISO 9001:2000

En el año 2005 el estudiante Girón Mazariegos E. presentó su trabajo de grado denominado “Implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motoras de combustión interna basado en la norma ISO 9001:2000” para la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el cual el autor buscaba

brindar las herramientas necesarias para la certificación en la ISO, ya que, esto daría a las empresas una garantía de calidad, lo que genera que sus productos sean de mucha confianza para el consumidor. El documento citado se tiene en cuenta para la creación del presente trabajo ya que Girón E. (2005) propone el sistema de mantenimiento para la planta de generación de energía, formula también el procedimiento de la implementación en las separadoras de combustible y por último también lleva a cabo el seguimiento y mejora continua del sistema, lo que se asemeja a los fines de nuestro modelo planteado para la metodología de 8 pasos. (Giron Mazariegos E., 2005)

5.1.3.4 Diseño de un plan de mantenimiento para la flota de equipos pesados de la gerencia de PMH de la empresa C.V.G Ferro Minería Orinoco C.A.

En el estudio denominado “Diseño de un plan de mantenimiento para la flota de equipos pesados de la gerencia de PMH de la empresa C.V.G Ferro Minería Orinoco C.A.” realizado para la Universidad Nacional Experimental Politécnica de Puerto Ordaz, Venezuela, el estudiante Luis E. Amador C. (2005), busca mejorar las condiciones de los equipos de la compañía trabajada, esto se debe a que a los de tipo pesado se les realiza una cantidad mayor de mantenimientos correctivos que preventivos, lo cual es perjudicial puesto que se incurre en gastos excesivos de repuestos, debido a que es más costosa la reparación del equipo cuando este falla. Por otra parte, al dañarse las partes de la maquinaria estas no se encuentran en stock, lo que genera tiempos muertos y pérdidas de producción en el lapso en que sean conseguidos mediante los distribuidores locales. El estudio citado lleva a cabo un análisis de los mantenimientos llevados a cabo en la empresa, entre ellos uno de tipo preventivo, el cual organizan con un flujo grama mostrando de forma detallada cada una de las partes del proceso junto con los responsables de cada etapa. Finalmente, otras de las etapas realizadas por Amador L. (2005) que puede servir de guía para el presente estudio es la elaboración de formatos para dar seguimiento al Programa de inspección de

mantenimiento predictivo, que aunque no sea de tipo preventivo como la metodología de 8 pasos sirve como orientación a la hora de diseñar y realizar la recolección de datos del modelo de seguimiento. (Luis E. Amador C., 2005)

5.1.3.5 Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa

Los estudiantes Cansino Flores E. & Lucero Diaz D., en el año 2015 presentan el trabajo de grado denominado “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa” para la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador, mediante el cual se pretende solucionar los problemas con la maquinaria evitando los paros imprevistos asegurando de esta forma un producción continua y programada, disminuyendo de esta forma las pérdidas económicas producto de una baja producción o por reparaciones no programadas de los equipos. El documento citado da un acercamiento al mantenimiento y operaciones de tipo industrial junto con la correlación del plan de mantenimiento preventivo con el plan de seguridad industrial. Por último, Cansino E. & Lucero D. (2015) desarrollan un estudio del costo beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo para tener total conocimiento del ahorro económico que este puede representar, lo que sirve de guía en la parte de la evaluación económica del presente documento. (Casino Flores E. & Lucero Diaz D., 2015)

5.2 Marco teórico

El marco teórico busca sustentar las bases del conocimiento tenidas en cuenta para el desarrollo de la investigación, a continuación, se citan las más relevantes a la vista del autor:

5.2.1 Teoría del Mantenimiento

Como se menciona en Aguiar L. & Rodríguez H. (2014) el mantenimiento durante varios períodos ha tenido una evolución favorable en la industria, enfocándose no solo en los bienes de las empresas como lo son las máquinas y equipos, sino que empieza a involucrar la parte humana. Dentro de dicha evolución un pilar importante es la optimización de los procesos de producción, anticipándose de esta forma a las fallas imprevistas que pudieran afectar el sistema productivo de la industria.

Cárdenas M. (2011), define el mantenimiento como *“el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización de una línea automática de producción pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un determinado plan de producción en constante evolución”*.

Para que el plan de producción anteriormente mencionado entre en cumplimiento es preciso contar con uno de mantenimiento orientado a aumentar la disponibilidad de los equipos e instalaciones, el cual permita valorar de forma constante los niveles de funcionamiento y garantice con esto llevar a cabo mejoras hasta alcanzar un nivel óptimo, evitando de esta forma cualquier interrupción de las actividades productivas lo que generaría mayores costos de producción e incumplimientos de las obligaciones productivas de la empresa (Cárdenas M., 2011).

5.2.2 Historia del mantenimiento

A lo largo de los años se han desarrollado distintas técnicas de sostenimiento y formatos de organización que las empresas llevan a cabo para efectuar la gestión de mantenimiento, es decir, los métodos con los cuales las compañías organizan la ejecución y la administración del mismo. En un contexto nacional la implementación de los diferentes tipos de mantenimiento ha tomado

importancia en los últimos años, sin embargo, es usual encontrar factores que retrasan su desarrollo, entre ellos se tienen la carencia de tecnificación, la falta de capacitación y de experiencia del personal y la insuficiente información respecto a ciertos procesos los cuales podrían ser más eficientes al momento de desarrollarlos (Urrego J., 2017).

Según Aguilar L. & Rodríguez H. (2014), en la evolución del mantenimiento se identifican cuatro generaciones importantes, que son:

- Desde el 1914 a 1945: En esta generación los departamentos de mantenimiento se concentraban en reparar fallas ya ocurridas y en intervenir las máquinas solamente en el momento que presentaran un fallo, así como también empieza a conocerse el concepto de fiabilidad y se empieza a actuar de forma preventiva, es decir, se cambia el accionar de tratar las fallas cuando ya han ocurrido a directamente prevenirlas.
- Desde 1945 a 1980: En la segunda generación se implementan las estrategias de mantenimiento preventivo influyendo en la capacitación del personal para estudiar las tareas de mantenimiento que hay que realizar para evitar fallas.
- Desde 1980 a 1990: Dentro de esta tercera generación se introduce al campo del mantenimiento predictivo y la innovación de la programación de mantenimiento mediante la asistencia por ordenadores y la creación de software monitoreados por indicadores de gestión, basando sus objetivos de programación con los del departamento de mantenimiento.
- De 1990 en adelante: En la generación actual se implementan sistemas que garantizan la mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y con esto el de la organización

y ejecución del mantenimiento. Además, se establecen grupos de mejora y seguimiento en las acciones.

5.2.3 Gestión de mantenimiento

Según lo planteado por Osorio G. (2012), el papel primordial del mantenimiento es elevar la confiabilidad de los sistemas de producción en una organización mediante la realización de actividades de planeación, organización, control y ejecución de métodos, buscando de esta forma la adecuada conservación de los activos. La importancia de lo mencionado con anterioridad recae en la forma en que las fallas se reducen como resultado de una buena gestión la cual involucre al departamento de mantenimiento junto al apoyo de gerencia y en general de toda la empresa (Como se cita en Osorio G., 2012).

Como se cita en el mismo Osorio G. (2012), se deben tener unos parámetros en común con el fin de adquirir unos óptimos niveles de gestión y ejecución de mantenimiento, y así mismo define que algunos de estos son, la definición de metas claras que den paso a una mejor realización de las actividades allí planteadas, toma de decisiones con base a un sistema de información integral, la planeación y el control de actividades de mantenimiento, la investigación y la renovación de tipo tecnológica de mantenimiento, entre otros.

El autor Plazas C. (2019), con el fin de llevar a cabo una gestión de mantenimiento muy eficiente en su estudio empleo tres indicadores que el considera indispensables para este fin, estos son la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, las cuales cuantifican la eficiencia de la producción. El autor citado llevo a cabo el cálculo de dichos indicadores con el fin de tener una idea con respecto a el funcionamiento del plan de mantenimiento aplicado, monitoreando el comportamiento de los activos (máquinas) en el momento en el que se presentan fallos con el fin

de evaluar la eficiencia de la reparación. Los tres parámetros mencionados son definidos por el autor de la siguiente manera:

- **Disponibilidad:** Es definida como la capacidad de un activo para desarrollar su función en un determinado momento, o en un determinado periodo de tiempo bajo unas condiciones y un rendimiento definido. Este parámetro puede expresarse como la probabilidad de que un elemento se encuentre disponible para su uso en un momento o periodo de tiempo determinado.
- **Confiabilidad:** Es definida como la probabilidad de que un equipo no falle y de que funcione en los límites de desempeño dentro de un tiempo de operación específico, asumiendo que la máquina sea utilizada en las condiciones para las que fue diseñada.
- **Mantenibilidad:** Es definida como la probabilidad de que un equipo pueda ser restablecido a condiciones operacionales en un periodo de tiempo determinado, cuando el mantenimiento se lleva a cabo de acuerdo con los procedimientos preestablecidos.

5.2.4 Auditoría de gestión al mantenimiento

Como lo establece Osorio G. (2012), las auditorías de mantenimiento son actividades cada vez más comunes ya que son una herramienta que permite evaluar los sistemas con el fin de determinar fortalezas y debilidades en el mismo, centrándose en los puntos que mayor impacto pueden causar a los activos de la organización y con esto a la compañía en general, lo que reduce los costos y aumenta la eficiencia de los procesos. La auditoría se basa en el examen y en la evaluación hecha con el fin de analizar el estado actual de la compañía, esto con el fin de encontrar mejoras que posibiliten un mejor desempeño por parte del departamento de mantenimiento y con esto lograr un

uso óptimo de los recursos empleados y una mejora de las actividades productivas de la empresa, logrando mejorar su desempeño económico y su eficiencia de los procesos.

Los ítems de mayor importancia que se deben evaluar mediante las auditorias, con el fin de determinar el estado actual del departamento del mantenimiento, y de la empresa en sí, sin importar el enfoque final que se busque con esta actividad (producción, explotación o servicios) son definidos como se cita en Osorio G. (2012) de la siguiente manera:

- Organización del departamento de mantenimiento y sus relaciones con los otros departamentos.
- Planeación y control de actividades.
- Manejo de la información.
- Gestión humana del departamento.
- Gestión de inventarios, repuestos e insumos de mantenimiento.
- Costos y presupuestos.

Se recomienda evaluar estos aspectos con el fin de conocer el desempeño de las labores de mantenimientos en las compañías y como este aporta en general al desarrollo de la empresa. La evaluación de estos criterios se puede llevar a cabo de forma subjetiva u objetivamente, al igual que se puede realizar cualitativa o cuantitativamente. El resultado final siempre originará una serie de recomendaciones, posibles mejoras, indicaciones y otras prácticas que permitan optimizar la gestión del departamento de mantenimiento (Como se cita en Orosco G., 2012).

5.2.5 Tipos de Mantenimiento

Conforme a lo establecido por Aguilar L. & Rodríguez H. (2014), cualquier compañía productiva que maneje maquinaria y equipos debe definir un tipo de mantenimiento de acuerdo a la actividad productiva que realice con el fin de alcanzar un desempeño óptimo en sus actividades. Sin embargo, puede haber ciertos casos, usualmente cuando las empresas son muy grandes, donde pueden trabajar más de un tipo de mantenimiento, esto depende de la necesidad de la mantenibilidad de los equipos y los recursos con los que cuente la empresa.

Los tipos de mantenimiento nombrados a continuación son los de mayor influencia y son definidos por Cansino E. & Lucero D. (2015):

5.2.5.1 Mantenimiento correctivo:

Este tipo de mantenimiento no requiere de una planificación sistemática ya que se pone en marcha en el momento en que los equipos presentan un fallo. El mantenimiento se reduce a llevar a cabo el proceso de reparación, lo que produce un parón en el proceso productivo disminuyendo la producción, por esto es que la aplicación de este tipo corresponde a equipos que preferiblemente no estén relacionados de forma directa con la producción.

Los costos asociados a la reparación del fallo suelen ser inferiores a la inversión que se requiere para llevar a cabo otro tipo de mantenimiento con un mayor grado de complejidad, partiendo del punto en que el correctivo es inevitable ya que los equipos están propensos a presentar fallas no previstas con anterioridad.

Las tareas que se aplican en este mantenimiento no necesitan un planteamiento organizado y tampoco son de gran dificultad, estas son las más generales, limpiar y engrasar.

5.2.5.1.1 Ventajas del mantenimiento correctivo

Las ventajas de este tipo de mantenimiento están en no generar gastos fijos, en proyectos a corto plazo puede presentar un buen resultado económico. La aplicación de este mantenimiento resulta económica solo para equipos que no se encuentran relacionados directamente con la producción.

5.2.5.1.2 Desventajas del mantenimiento correctivo

El tiempo de reparación es mayor ya que el repuesto no se tiene en stock, al ser fallos de imprevistos suelen ser significantes para la maquinaria, lo que significa que reparación puede ser costosa. Al ser fallos inesperados pueden venir acompañado de un siniestro, afectando la seguridad del personal. El tiempo que se tardará en reparar dichas fallas es desconocido además que es necesario contar con técnicos de alta experiencia para disminuir dichos tiempos de reparación.

5.2.5.2 Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento busca disminuir el número de intervenciones de carácter correctivo mediante la aplicación de un sistema en el cual se efectúen rutinas de inspección junto con la renovación de elementos o piezas en mal estado. A diferencia del correctivo este es un mantenimiento planificado, lo que no afecta de forma directa la productividad y la calidad del producto o servicio.

El éxito del preventivo se debe a la elección acertada de los tiempos de inspección, donde un lapso muy largo podría permitir la aparición de fallos que deban ser arreglados mediante medidas correctivas, y, por el contrario, lapsos muy cortos significarían un aumento en los costos de la empresa. El equilibrio será la solución entre el valor más económico de las inspecciones y el valor de fallos imprevistos, si bien los primeros pueden ser establecidos, la evaluación de los segundos es más compleja por lo que usualmente se suele acordar en función de la propia práctica.

5.2.5.2.1 Ventajas del mantenimiento preventivo

Este mantenimiento ayuda a minimizar la ocurrencia de paros imprevistos ocasionados por fallos, un menor costo de las reparaciones ya que cuando un elemento falla usualmente este tiende a arruinar otras partes, se posee un mejor control y planeación del mantenimiento que va a ser aplicado en los equipos, se cuenta con mayor seguridad en la operación de los equipos ya que se conoce su estado junto a sus condiciones de funcionamiento, carga laboral más equilibrada para el personal de mantenimiento ya que se cuenta con una programación de actividades y una mayor vida útil de los equipos e instalaciones.

5.2.5.2.2 Desventajas del mantenimiento preventivo

Una de las desventajas que se tiene es el desmontaje y sustitución innecesaria en ocasiones en que el elemento que se cambia podría ser utilizado por más tiempo, también se tiene un aumento en los costes de la empresa ya que las inspecciones son periódicas y necesita experiencia del operario. Se debe tener en cuenta el aumento de la inversión en inventarios, pero siendo previsible permite una mejor gestión.

5.2.5.3 Mantenimiento predictivo

Conocido también como "Mantenimiento Basado en Condición", al igual que el preventivo este se antepone a la avería, además esta estrategia de pretender tener el conocimiento del estado del equipo a través del monitoreo de parámetros del sistema, considerando que de esta forma se puede reemplazar los elementos cuando han cumplido con su vida útil, eliminando los paros imprevistos por intervención innecesaria como puede ocurrir en el preventivo y previniendo los fallos no esperados, mediante técnicas de detección de los elementos medibles de anticipación al fallo realizando un mantenimiento en el tiempo preciso. Es la estrategia más compleja de implementar ya que para poder llevarla a cabo es necesario disponer de tecnología basada en indicadores que

sean capaces de monitorear diferentes variables que permitan saber el estado de la máquina, así como el personal preparado en la interpretación de los datos.

5.2.5.3.1 Ventajas del mantenimiento predictivo

Permite la Identificación anticipada de defectos, sin la necesidad de parar la producción o desmontar la maquinaria, al contrario del preventivo se posibilita el uso del elemento mecánico hasta el fin de su vida útil, los tiempos de reparación se reducen al tener ya identificada la falla, no se necesita de un gran inventario en la compañía ya que se predice que el elemento va a fallar y su adquisición se dará con anterioridad lo que reducirá costos, se cuenta con una mayor seguridad de funcionamiento y operación de la maquinaria, incrementa la producción por ahorro de paradas innecesarias ya que para corregir el defecto puede ser programada haciéndola coincidir con un tiempo muerto del proceso de producción.

5.2.5.3.2 Desventajas del mantenimiento predictivo

Se debe realizar la adquisición de equipos para la detección de fallos lo que se deriva en costos elevados, se requiere de personal especializado para llevar a cabo el análisis de datos, las aplicaciones pueden ser limitadas para algunos tipos de fallas, no se cuenta con ningún parámetro que sea capaz de reflejar el estado de una máquina de forma exacta y por último, no es económicamente viable el monitoreo de todos los parámetros funcionales para toda la maquinaria.

5.2.6 Metodologías de mantenimiento

5.2.6.1 Mantenimiento productivo total

Este mantenimiento caracterizado por las siglas TPM (Total Productivity Maintenance) *“se basa en la concepción japonesa la cual intenta abarcar una visión más amplia que recoja todos los estamentos y niveles de la producción con una estructura de planificación jerárquica donde el*

propio operario realice una pequeña parte del mantenimiento como reglaje, inspección, sustitución, etc.” (Cansino E. & Lucero D., 2015). Esto logra una participación global con un mejoramiento continuo de la productividad, y posibilitando la mejora de la competitividad de la organización, reduciendo a cero los accidentes, los defectos y las pérdidas.

5.2.6.1.1 Características del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Se caracteriza por la participación de todo el personal que constituye la organización, destacando un compromiso total por parte del equipo de trabajo inmerso en la operación y producción, además de procesos de mantenimiento establecidos en el aprovechamiento de la experiencia que tienen los trabajadores.

5.2.6.1.2 Ventajas del TPM

Se consigue un resultado final más enriquecido y participativo ya que se incluye al total de la organización en los trabajos de mantenimiento. Se considera que la calidad total y la mejora continua van de la mano.

5.2.6.1.3 Desventajas del TPM

Como se necesita de años de formación en el personal además de adecuaciones generales en la infraestructura este mantenimiento conlleva un costo elevado. Además, como participan todos los empleados de la compañía debe existir una visión compartida para poder alcanzar el éxito buscado, teniendo en cuenta también como parte fundamental del proceso el compromiso de todos los departamentos de la organización lo que puede ser difícil de obtener.

5.2.6.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M)

Este mantenimiento, nace de la necesidad de eliminar accidentes aéreos, por lo que fue concebido por la industria de la Aviación Civil Norteamericana en los años 60s. Tiene como objetivo principal

elevar la disponibilidad de los equipos y disminuir costes de mantenimiento. Este se basa en la detección de fallos, tanto los que ya han sucedido como los que se están buscando evitar por medio de acciones de tipo preventivo y por último los que tienen alguna probabilidad de ocurrir y ocasionar problemas graves.

El implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad genera un sinnúmero de beneficios, entre los más representativos están una elevada productividad, motivación del recurso humano, mejora de la seguridad e higiene industrial y mayor control del impacto ambiental.

5.2.6.2.1 Metodologías

Según Cansino E. & Lucero D. (2015) el RCM contempla determinados pasos, los mismos que deben seguirse en cada área que constituye la organización los cuales son:

- Simbolización y registro de los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando.
- Análisis minucioso de las tareas del sistema, considerando necesario un listado de funciones del sistema en Su conjunto y del subsistema.
- Establecimiento de los fallos funcionales y técnicos
- Establecimiento de los modos de fallo 0 causas de cada uno de estos.
- Disertación de los resultados de cada modo de fallo.
- Realización de medidas preventivas que logren disminuir al máximo los efectos de los fallos.
- Englobar todas las acciones preventivas en Sus diferentes tipos.
- Implementación de las acciones preventivas.

5.2.6.2.2 Ventajas del RCM

Si este mantenimiento se llevara a cabo en un sistema de mantenimiento preventivo preexistente se podría reducir la cantidad de mantenimientos rutinarios habitualmente hasta un 40% a 70%. Si se aplica para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en una empresa la carga de trabajo programada sería mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por otros métodos convencionales (Aguiar L. & Rodríguez H., 2014).

5.2.6.2.3 Desventajas del RCM

El mayor problema es que en la mayoría de plantas industriales la información correspondiente al historial de fallos no es muy confiable y completa, de tal manera que los resultados estadísticos obtenidos a partir de esta información pueden ser imprecisos y pueden carecer de confianza estadística. Al ser un sistema que se basa en el trato de datos preexistentes se puede caer en fallos si estos tienen inconsistencias producto de los sistemas contables existentes (Aguiar L. & Rodríguez H., 2014).

5.2.7 Costos y beneficios de la implementación de un sistema de Mantenimiento

Según Cardona J. (2005), al analizar los costos de estos sistemas los factores principales a tener en cuenta en este rubro son:

- Costo inicial del equipo considerando su depreciación
- Costo de mantenimiento considerando su incremento
- Costos de las faltas de servicio

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, ya que en un principio su depreciación es muy acelerada, aunque esto se compensa ya que se necesitan menos gastos de mantenimiento y la probabilidad de falla es menor. Conforme la maquinaria va “envejeciendo” por uso sus

componentes sufren desgastes, lo que incrementa la frecuencia de fallas en la operación, de tal manera que los costos por reparación o mantenimientos aumentan considerablemente hasta ser prácticamente inasequibles al final de la vida del equipo (Cardona J., 2005).

El presente proyecto se elabora en torno a un sistema de mantenimiento de tipo preventivo, por lo que es importante analizar los beneficios que este traería a una empresa que lo efectúe. Según Urrego J. (2017), dentro de las múltiples ventajas que trae consigo la implementación de un sistema adecuado de mantenimiento preventivo podemos destacar:

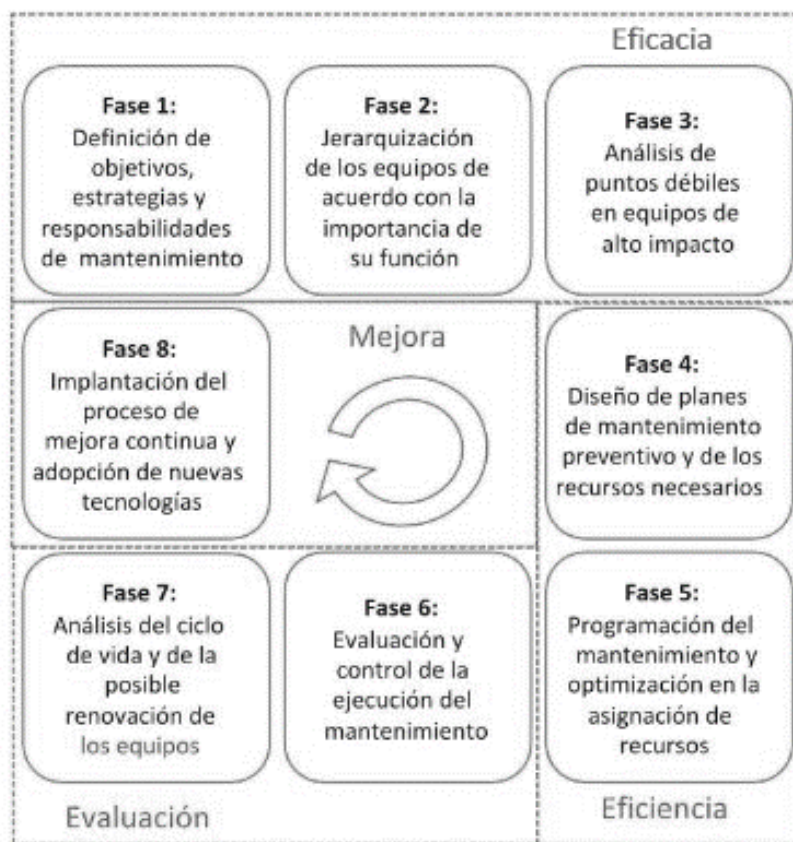
- Disminución de los tiempos de ocio, menor cantidad de paradas imprevistas.
- Disminución en los pagos de horas extra debido a reparaciones imprevistas.
- Disminución de los costos de reparaciones de defectos sencillos, los cuales se realizan antes de que lleven a la maquina a una parada imprevista y agraven su condición.
- Menor necesidad de equipo en operación, reduciendo de manera significativa la inversión de capital y aumentando la vida útil de los equipos.
- Mayor nivel de seguridad, tanto hacia empleados como para equipos.
- Accionar armónico del departamento de mantenimiento para atender a la producción de la compañía.

El éxito de la implementación del sistema de mantenimiento dentro de una compañía se basa en los datos recolectados durante las intervenciones de tipo correctivo, que al permitir un registro de fallas permiten al equipo encargado evaluar la eficiencia de la implementación del sistema de tipo preventivo, además de adelantarse a estos errores en el futuro (Urrego J., 2017).

5.2.8 Metodología de 8 pasos

La gestión de mantenimiento debe garantizar que las actividades de mantenimiento y la estrategia definida sean concebidas de forma armónica, y esto debe hacerse en tres niveles de actividad en toda empresa u organización: estratégico o de dirección, táctico o de procesos y operativo. Una vez se hayan alineado las prioridades de la compañía con los del mantenimiento se podrán construir estrategias para tratar los puntos débiles en el mantenimiento de los equipos con base a estos objetivos, este será el fin del primer nivel. Para el segundo se deben determinar las acciones por medio de tareas específicas para llevar a cabo una correcta asignación de los recursos de mantenimiento. Por último, en el nivel operativo se debe asegurar que las tareas de mantenimiento establecidas se lleven a cabo de forma adecuada por los operarios a cargo, cumpliendo los tiempos estimados evitando retrasos en el sistema productivo (Parra C. & Crespo A., 2012).

El modelo de 8 pasos propuesto es el denominado por Parra C. & Crespo A. (2012), como Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM) compuesto por 8 bloques en los cuales se busca distinguir y caracterizar las tareas exactas a seguir en los diferentes pasos del proceso de gestión de mantenimiento. Los autores anteriormente citados definen al modelo como uno dinámico, secuencial y en bucle cerrado, el cual busca caracterizar las acciones a llevar a cabo en el proceso de mantenimiento con el fin de asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua del mismo.

Imagen 1.*Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM)*

Fuente: Parra C. & Crespo A. (2012).

Como se muestra en la Imagen número 1 los tres primeros bloques establecen la eficacia de la gestión, los bloques 4 y 5 comprenden las acciones para la planificación y programación del mantenimiento, los bloques 6 y 7 están encaminados a la evaluación y al control del mantenimiento junto con los costos de los activos, finalmente el ultimo bloque se centra en las acciones para asegurar la mejora continua del sistema (Parra C. & Crespo A., 2012).

5.3 Marco normativo o legal

5.3.1 Normas ISO 55000

Los autores Castañeda D. & Pérez D. (2017) en su documento denominado “Metodología para desarrollar un sistema de gestión de activos enfocado al mantenimiento según normatividad ISO

55000:2014. Caso de estudio: Subestación Eléctrica de la Facultad Tecnológica, Universidad Distrital.” definen la familia de normas ISO 55000 de la siguiente manera:

- ISO 55000:2014 Aspectos generales, principios y terminología: Mediante el cual se definen los términos asociados a un sistema de gestión de activos y describe los aspectos generales y principios; que conforman el objetivo de la familia de normas ISO 55000.
- ISO 55001:2014 Gestión de activos -Sistemas de gestión – Requisitos: Mediante esta se especifican los requisitos que debe cumplir la organización para cumplir con los objetivos del sistema de gestión de activos, la norma es muy clara al establecer que el orden de los requisitos no refleja su importancia y tampoco el orden de implementación. Además, definir que cualquier organización puede diseñar e implementar esta norma y determinar a qué activos será aplicada.
- ISO 55002:2014 Gestión de activos - Sistemas de gestión - Directrices para la aplicación de la ISO 55001: Mediante esta norma se describen los procedimientos para llevar a cabo el diseño e implementación del sistema de gestión de activos según los requisitos de la norma ISO 55001:2014.

5.3.2 Normas ISO 9000

Las ISO 9000 son una serie de normas internacionales que están enfocadas hacia los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC), las cuales fueron elaboradas en el año de 1987 por el Comité Técnico ISO/TC176 con la finalidad de obedecer a las exigencias básicas de los programas genéricos de gestión de calidad, además cabe resaltar que fueron basadas en la norma BS-5750 (relación Proveedor-Cliente) que publicó la “British Standards Institution” (BSI) en el año de 1979 (Orozco R., 2015).

En el documento llevado a cabo por Orozco R. (2015), el autor mencionado define las normas ISO de la siguiente manera:

- ISO 9000 Fundamentos y vocabulario: El cual establece los principios, conceptos y vocabulario de un Sistema de Gestión de la Calidad.
- ISO 9001 Requisitos: Mediante el cual se establecen los requisitos que deben cumplir las organizaciones para obtener la certificación.
- ISO 9004 Directrices para la mejora del desempeño: La cual proporciona una guía para mejorar el desempeño del Sistema de Gestión de Calidad.

5.3.3 ISO 14224

Como lo define Troffé M. (2006) esta Norma internacional da una guía para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, con criterios que se pueden extender a otras actividades e industrias.

En el mismo documento de Troffé M. (2006) se muestran la división o categorización que lleva a cabo la norma ISO 14224, la cual toma la máquina dividiéndola de mayor a menor jerarquía o grado de detalle según:

- Clases.
- Sistemas.
- Subsistema
- Ítem mantenible.
- Componente de detalle (en un grado último de división, opcional).

5.3.4 Estándar SAE-JA

Como lo establecen los autores Rodríguez R. et al. (2012), el estándar SAE-JA 1011 establece los criterios que debe cumplir un proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el SAE-JA 1012 es la guía de aplicación del mantenimiento nombrado. Ambas metodologías establecen que cualquier proceso RCM debe responder de forma satisfactoria y confiable 7 preguntas acerca de los equipos analizados.

5 de estas tienen como temática las funciones que cumplen los equipos, las formas en las cuales pueden presentar una falla, los motivos de tipo físico de las fallas, junto a las repercusiones que las mismas pueden ocasionar. Las dos restantes tienen que ver con la gestión de las estrategias de mantenimiento que se llevarán a cabo con base a dichas fallas.

5.3.5 UNE-EN 17007

Es una norma europea la cual proporciona una descripción del proceso de mantenimiento, caracteriza todas las acciones que forman parte del mismo y establece un modelo de mantenimiento que proporciona una guía para la definición de indicadores (Asociación Española de Normalización, 2018).

La misma asociación anteriormente citada establece que esta norma europea es aplicable a todas las organizaciones que tengan a cargo el mantenimiento de activos físicos, adaptándose según el tipo y tamaño de organización elegida para llevar a cabo el proceso. El objetivo de esta norma es ayudar a las empresas con:

- Identificar las acciones a llevar a cabo con el fin de cumplir los objetivos establecidos en relación al plan de mantenimiento.
- Delegar responsabilidades.

- Determinar las entradas, con su respectiva procedencia, y los resultados requeridos, con sus usos previstos, de cada proceso.
- Evaluar de forma cuantitativa el desempeño obtenido en cada proceso.
- Mejora de la recopilación y distribución de datos.

6 Marco metodológico

6.1 Recopilación de la información

6.1.1 Tipo de investigación

Según la Tabla No.1 entregada por la ECCI esta investigación es un Estudios de Caso teniendo en cuenta que analiza una unidad específica de un universo poblacional.

Tabla 1.

Tipos de investigación definidos por la Universidad ECCI.

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del porque de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Fuente: Guía metodológica para trabajos de grado, dirección de postgrados universidad ECCI, 2021.

El presente trabajo se desarrolla como una investigación de tipo descriptiva, cualitativa y cuantitativa, en donde a partir del estudio se analizan con base en los datos otorgados por la compañía, en qué estado se encuentra con base a la información tratada mediante la auditoría que se llevara a cabo, la cual esta formulada para evaluar la implementación del mantenimiento de 8 pasos en la empresa.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes Primarias

Como fuente primaria se tiene la información dispuesta por la Empresa Mundial de Montacargas SAS con el fin de llevar a cabo el modelo de evaluación de la metodología de gestión de mantenimiento preventivo de 8 pasos. La evaluación a los ítems planteados se llevará a cabo mediante la asesoría que brinda el personal de la compañía si así se requiere.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

Para este tipo de fuentes se cuenta con información externa a la empresa, esto con la finalidad de enriquecer los conocimientos necesarios para aplicar el modelo de evaluación de la metodología de mantenimiento de 8 pasos, entre ellos se encuentran los documentos técnicos, trabajos de grado, libros que pudieran ampliar el conocimiento en el tema del presente estudio y en general cualquier estudio de tipo científico encontrado en los repositorios de las universidades o directamente disponible en línea.

6.1.3 Herramientas de la investigación

Las herramientas usadas para la recolección de información necesaria para el desarrollo del presente proyecto fueron en general las bases de datos de diferentes universidades mediante los

repositorios de las mismas a nivel local y nacional, como por ejemplo los de la universidad ECCI, el de la Universidad EAFIT, el de la Universidad Santo Tomás, el de la Universidad Libre, entre otros repositorios.

En cuanto a la información de fuentes internacionales y otros aspectos teóricos se llevó a cabo el análisis y búsqueda de datos en la nube relacionados con la temática llevada a cabo en el presente documento.

Cabe resaltar que la empresa, fuente primaria de información, facilitó las herramientas referentes a los registros de hojas de vida de los mantenimientos preventivos y correctivos, de los cuales se tiene un formato también en la sede central (en Bogotá), junto con los datos históricos de los reportes de los activos de la compañía.

6.1.4 Metodología de la investigación

Para desarrollar el objetivo específico número 1 planteado como “*Identificar metodologías existentes con el fin de evaluar la viabilidad de aplicación con la de 8 pasos*” se llevará a cabo la recolección y el análisis de metodologías de mantenimiento propuestas e implementadas en diferentes documentos investigativos o empresas, con el fin de comprender la estructura de las metodologías planteadas por los autores consultados en la aplicación de las mismas a las organizaciones, y que fases o conceptos en común tienen con la de 8 pasos, lo anterior para llevar a cabo un adecuado modelo de evaluación de la misma.

Para desarrollar el objetivo específico número 2 planteado como “*Describir la metodología de los 8 pasos estableciendo las ventajas de implementación.*” se llevará a cabo la descripción de la misma, junto con los pros que la implementación de esta metodología generarían a la empresa,

comparándola incluso con otras metodologías para definir los puntos a favor que tiene la de 8 pasos en paralelo con las otras. Al definir las debilidades de la compañía mediante el análisis DOFA se evaluará la posibilidad de implementación de la metodología de 8 pasos como herramienta para mejorar el desempeño del mantenimiento de la empresa.

Para desarrollar el objetivo específico número 3 planteado como “*Diseñar y diligenciar el formato de evaluación de la metodología de los 8 pasos.*” se realizará un formato o plantilla de recolección de información de tipo “auditoría” la cual, y con el fin de evaluar para el presente estudio, será diligenciada con la información y ayuda dispuesta por la empresa Mundial de Montacargas SAS. Por otra parte, se genera la autoevaluación, con el fin de identificar las prioridades de los planes de mantenimiento de la empresa, con el fin de establecer la propuesta deseada para la mejora continua de los procesos y procedimientos de los mantenimientos de los equipos que lo requieran.

6.1.5 Recopilación de la información

Para el desarrollo de la propuesta que se pretende generar con la investigación se iniciará con una recolección de datos de manera general de documentos de tipo científico o investigativos que compartan nuestra temática de investigación, en paralelo con la recopilación de toda la información dispuesta por la empresa Mundial de Montacargas SAS y de este análisis será extraída información para el desarrollo de la propuesta.

La información consultada mediante documentos investigativos de otros autores dio la guía para la formulación del modelo de recolección de información mediante el cual se evalúa la metodología de 8 pasos en la empresa. Este modelo fue diligenciado con la información de los datos históricos recopilados y puestos a disposición por la empresa, junto con la ayuda del personal del departamento de mantenimiento de la misma.

6.1.5.1 Caracterización de la empresa

Mundial de Montacargas SAS es una sociedad constituida el 29 de agosto del 2000 en la ciudad de Bogotá enfocada a la venta, mantenimiento, alquiler y suministro de repuestos para montacargas, de combustión, eléctricos y a gas (Mundial de Montacargas, 2021). La empresa esta identificada ante el Registro Único Tributario (RUT) en las actividades económicas Alquiler y arrendamiento de otros tipos de maquinaria, equipo y bienes tangibles n.c.p., Mantenimiento y reparación de vehículos automotores, Comercio de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores y Fabricación de partes, piezas (autopartes) y accesorios (lujos) para vehículos automotores; identificados con los códigos 7730, 4520, 4530 y 2930 respectivamente.

6.1.5.2 Misión

Nos enfocamos a la venta, mantenimiento, alquiler de equipos montacargas y suministros de repuestos para equipos eléctricos y de combustión, orientándonos en la calidad de nuestros servicios y adquisiciones en pro de ofertar soluciones óptimas a todos nuestros clientes.

Por ende, Mundial de Montacargas se mantendrá un paso adelante en temas inherentes a la calidad, seguridad y salud en el trabajo e innovación en tecnología y de este modo contribuir al éxito de sus clientes, así mismo Mundial de Montacargas velará por fortalecer día tras día como una empresa sostenible con sentido de responsabilidad social empresarial y transparencia en sus actividades contribuyendo al desarrollo económico de nuestro país.

6.1.5.3 Visión

Seremos una empresa líder en el mercado de alquiler de equipos montacargas, dado a que nos consolidaremos como un grupo con las mejores soluciones apoyados en la innovación tecnológica

y en nuestro talento humano, contando con una infraestructura óptima para el desarrollo de nuestras actividades comerciales, caracterizaremos por nuestra atención personalizada acorde a las necesidades específicas de cada cliente.

6.1.5.4 Planes de mantenimiento

La empresa Mundial de Montacargas SAS puso a disposición del presente estudio la información referente a los planes de mantenimiento que lleva actualmente en los activos de la organización, en conjunto con el informe de implementación para los meses de marzo y abril del año 2021, los formatos de recopilación de información y las generalidades del proceso de mantenimiento llevado a cabo en la empresa.

Para conocer los tipos de mantenimientos que se llevan a cabo por cada activo de la organización se toma como guía el informe de mantenimientos mensual dispuesto por la empresa, el cual contiene la fecha de programación de los mantenimientos por cada activo junto con el cumplimiento del cronograma planteado, tal y como se muestra en las ilustraciones #2 y #3.

Imagen 2.

Mantenimientos y limpiezas llevadas a cabo en el mes de abril



Fuente: Mundial de Montacargas SAS (2021)

6.1.5.5 Análisis DOFA

Se llevo a cabo el análisis DOFA con el fin de evaluar el estado actual de la empresa Mundial de Montacargas en general, con el fin de conocer a fondo los factores que afectan a la organización por completo y no solo al área de mantenimiento:

6.1.5.5.1 Debilidades

- a. Falta sincronía con las áreas transversales de la compañía tales como Compras, Finanzas, mantenimiento y contabilidad para la realización de tareas, procesos y actividades.
- b. Faltan indicadores de gestión en el área lo cual no permite la medición de mejoras o metas.
- c. El personal carece de canales regulares en los procesos requerimientos al área de mantenimiento lo cual genera retrasos en la información solicitada.
- d. Los clientes carecen de canales regulares para reportar novedades o retroalimentación del servicio.

6.1.5.5.2 Fortalezas

- a. Se cuenta con personal que conoce los procedimientos internos de la compañía para la realización de las actividades de gestión.
- b. Se cuenta con personal que conoce el funcionamiento, componentes, partes y troubleshootings de los equipos de la compañía a los cuales se les realiza las actividades de mantenimiento.
- c. El personal tiene compromiso y disponibilidad en las necesidades de mantenimiento y urgencias que se presentan en los equipos y en las instalaciones de la compañía.
- d. Tenemos canales directos de importación de repuestos, por lo que nuestros tiempos de respuesta son mejores.

6.1.5.5.3 Oportunidades

- a. Estabilidad de la empresa en el Mercado.
- b. Compromiso de la alta dirección en la Gestión del área de Mantenimiento.
- c. La compañía está en la búsqueda de la sistematización de toda el área de mantenimiento.

6.1.5.5.4 Amenazas

- a. Alta rotación del personal operativo que realiza la operación de los equipos.
- b. Aumento de los costos de insumos y repuestos debido a COVID-19, adicionalmente los tiempos de importación.
- c. Personal operacional se ve abrumado por la cantidad de novedades que presentan (teniendo en cuenta en algunos casos las distancias entre operaciones)
- d. Los cargos administrativos presentan cargos críticos con alto índice de dependencia.

6.2 Análisis de la información

Con el fin de llevar a cabo la implementación de la metodología de 8 pasos en la empresa se formuló un formato mediante el programa Microsoft Excel el cual aborda a detalle cada una de las ocho etapas del mantenimiento propuesto con el fin de recopilar la información adecuada para cada fase y en general para el plan de mantenimiento de 8 pasos.

6.2.1 Formato auditoría (Anexo 1)

Si bien se busca que la metodología de 8 pasos se ajuste a cualquier organización que desee implementarla a continuación se presentara con la información correspondiente a la compañía Mundial de Montacargas SAS. Por último, se debe aclarar que lo más recomendable es hacer pequeños ajustes conforme a la empresa en la que se desee aplicar la metodología para asegurar mejores resultados.

6.2.1.1 Fase 1, definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento

En esta fase se busca recopilar información referente a los encargados de llevar a cabo los mantenimientos en los activos de la organización, ya sea un departamento adecuadamente establecido en la organización, los empleados sin hacer parte de un departamento consolidado o un tercero ajeno a la empresa.

Tabla 2.

Análisis fase 1 de la metodología.

¿La empresa posee un departamento de mantenimiento?	Si	No
¿Cuál es la visión del departamento?	Prestar servicios de mantenimiento con un alto nivel de credibilidad y eficiencia, para lograr que los activos de MUNDIAL DE MONTACARGAS, se mantengan en óptimas condiciones.	
¿Cuál es la misión del departamento?	Desarrollar y ejecutar los programas de mantenimiento de manera óptima, para satisfacción y bienestar en el desarrollo de las actividades de producción, logística y almacenaje de nuestros clientes que permitan alcanzar los objetivos y metas establecidas.	
¿Cuáles son los objetivos del dpto.?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantizar el funcionamiento de los diferentes equipos de MUNDIAL DE MONTACARGAS. 2. Garantizar la operatividad plena de los distintos espacios de la MUNDIAL DE MONTACARGAS 3. Garantizar la centralización normativa y descentralización operativa en el mantenimiento de los equipos. 4. Proveer de servicios integrales mantenimiento a toda la flota de MUNDIAL DE MONTACARGAS 5. Garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos recomendado por los fabricantes de los equipos 	
¿Cuántas personas lo componen?	38 personas	(ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO)
¿Qué tipos de mantenimiento llevan a cabo?	Preventivo y correctivo	

Existe dpto. de mantenimiento en la empresa

¿Con que Planes de mantenimiento cuentan?	Mantenimientos preventivos de control diario y mensual. El mantenimiento correctivo basándose en el resultado de la inspección técnica mensual y el formato de pre-usos diario que diligencian los operarios de los montacargas.
¿Qué tipo de mantenimiento es el que prima?	El de tipo preventivo, esto con el fin de evitar fallas y sobrecostos

Fuente: Autor (2021).

Tabla 3.

Fase 1, Información de registros e insumos.

¿Cuentan con los registros de cada mantenimiento llevado a cabo?	SI, ya que se maneja un formato cada vez que se lleva a cabo un mantenimiento
¿Cuentan con los insumos de mantenimiento en stock o dependen de un proveedor?	Se cuenta con todos los insumos y herramientas necesarias. Insumos se manejan mínimos y máximos. Herramienta se realizan inspecciones regulares, para validar la renovación de la herramienta.

Fuente: Autor (2021).

Mediante las tablas 2 y 3 se evidencia la aplicación de la fase 1 de la metodología propuesta de 8 pasos en la empresa Mundial de Montacargas SAS, mediante la cual se conoció que la empresa cuenta con un departamento el cual se encarga de todos los procesos de mantenimiento, principalmente los del tipo preventivo junto con las limpiezas periódicas de los activos de la organización, además que la compañía cuenta con los insumos necesarios en su almacén, por lo que se tiene una preparación para cualquier mantenimiento que se deba realizar ya sea programado o de urgencia.

6.2.1.2 Fase 2, Jerarquización de los equipos de acuerdo con la importancia de su función

En la Fase 2 se busca dar un orden jerárquico a los activos de la empresa, además de esto se define el tipo que mantenimiento que se ha llevado a cabo en estos, con el fin de conocer si se lleva a

cabo un mantenimiento preventivo en el equipo en concreto, junto a una calificación de la importancia que la maquinaria en el sistema productivo de la empresa.

Tabla 4.

Fase 2, caracterización de activos y sus respectivos planes.

¿Con que equipos cuenta la empresa para el área de producción de su producto o servicio?	¿Se lleva a cabo o se ha realizado algún tipo de mantenimiento en él?		¿De qué tipo?	Nivel de importancia del activo según su función en el proceso productivo		
	Si	No		Baja (1)	Media (3)	Alta (5)
Montacarga eléctrico tipo contrabalaceada	X		Preventivo y correctivo			X
Montacarga eléctrico tipo Pantógrafo	X		Preventivo y correctivo			X
Estibador Eléctrico	X		Preventivo y correctivo			X
Montacarga de combustión	X		Preventivo y correctivo			X
Montacarga eléctrico tipo Apilador	X		Preventivo y correctivo			X

Fuente: Autor (2021).

La empresa Mundial de Montacargas SAS cuenta con 5 tipos de maquinaria diferente que para la organización tienen un nivel de importancia Alta en sus procesos productivos por lo que según esta calificación no se podría realizar una jerarquización como establece la segunda etapa de la metodología de 8 pasos, sin embargo y con el fin de realizar esta clasificación se ordenara dependiendo del número de activos por cada tipo de maquinaria, quedando como se muestra a continuación en la tabla 5.

Tabla 5.

Fase 2, caracterización de activos agrupados y sus respectivos planes de mantenimiento.

Listado de equipos según su jerarquía en el proceso productivo
Montacarga de combustión
Estibador Eléctrico

Montacarga eléctrico tipo Pantógrafo
Montacarga eléctrico tipo Apilador
Montacarga eléctrico tipo contrabalanceada

Fuente: Autor (2021).

Una vez establecido el tipo de equipos con los que cuenta la empresa se procedió a realizar el mismo análisis sin agrupar los activos por su tipo como se muestra en la tabla 6 con ayuda del reporte de mantenimientos del mes de abril dispuesto por la empresa para la investigación.

Tabla 6.

Fase 2, caracterización de activos sin agrupar con sus respectivos planes de mantenimiento.

¿Con que equipos cuenta la empresa para el área de producción de su producto o servicio?	¿Se lleva a cabo o se ha realizado algún tipo de mantenimiento en él?		¿De qué tipo?	Nivel de importancia del activo según su función en el proceso productivo		
	Si	No		Baja (1)	Media (3)	Alta (5)
AF-053	X		Preventivo			X
AF-061	X		Preventivo			X
AF-063	X		Preventivo			X
AF-122	X		Preventivo y correctivo			X
AF-135	X		Preventivo			X
AF-143	X		Preventivo y correctivo			X
AF-150	X		Preventivo			X
AF-174	X		Preventivo			X
AF-176	X		Preventivo			X
AF-184	X		Preventivo			X
AF-207	X		Preventivo			X
AF-221	X		Preventivo y correctivo			X
AF-227	X		Preventivo			X
AF-236	X		Preventivo			X
AF-247	X		Preventivo y correctivo			X
AF-259	X		Preventivo			X
AF-260	X		Preventivo			X
AF-286	X		Preventivo			X
AF-300	X		Preventivo			X
AF-314	X		Preventivo			X

AF-348	X	Preventivo	X
AF-351	X	Preventivo	X
AF-356	X	Preventivo	X
AF-357	X	Preventivo	X
AF-358	X	Preventivo	X
AF-393	X	Preventivo	X
AF-419	X	Preventivo	X
AF-430	X	Preventivo	X
AF-439	X	Preventivo	X
AF-441	X	Preventivo	X
SUB-INVE-02	X	Preventivo	X
SUB-L01	X	Preventivo y correctivo	X
SUB-L03	X	Preventivo y correctivo	X
SUB-L08	X	Preventivo	X
SUB-L09	X	Preventivo	X
SUB-B168	X	Preventivo y correctivo	X
AF-477	X	Preventivo y correctivo	X
AF-476	X	Preventivo	X
SUB-B169	X	Preventivo	X
SUB-B176	X	Preventivo	X
SUB-B101	X	Preventivo	X
SUB-AF149	X	Preventivo y correctivo	X
AF-512	X	Preventivo	X
AF-544	X	Preventivo	X

Fuente: Autor (2021).

En este caso no se lleva a cabo una clasificación teniendo como base el orden jerárquico de cada activo, ya que la empresa les da la misma importancia alta a todos sus activos.

6.2.1.3 Fase 3, Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto

En la presente fase se busca llevar a cabo el análisis de las fallas y otros errores que han presentado los activos de la organización, por lo que se recopila la información referente a estos detalles junto a las medidas correctivas que se llevaron a cabo para dar solución a esos errores.

Tabla 7.*Fase 3, Análisis de fallas y daños en activos de alta importancia.*

Listado de equipos con nivel de importancia medio o alto	¿Se lleva a cabo un plan de mantenimiento preventivo?	¿Ha presentado fallas o daños?	¿Qué impactos han generado dichas fallas?	¿Se hizo un mantenimiento correctivo?
AF-053	Si	No		
AF-061	Si	No		
AF-063	Si	No		
AF-122	Si	Si	Cambio de piezas	Si
AF-135	Si	No		
AF-143	Si	Si	Cambio de piezas	Si
AF-150	Si	No		
AF-174	Si	No		
AF-176	Si	No		
AF-184	Si	No		
AF-207	Si	No		
AF-221	Si	No		
AF-227	Si	No		
AF-236	Si	No		
AF-247	Si	Si	Cambio de piezas	Si
AF-259	Si	No		
AF-260	Si	No		
AF-286	Si	No		
AF-300	Si	No		
AF-314	Si	No		
AF-348	Si	No		
AF-351	Si	No		
AF-356	Si	No		
AF-357	Si	No		
AF-358	Si	No		
AF-393	Si	No		
AF-419	Si	No		
AF-430	Si	No		
AF-439	Si	No		
AF-441	Si	No		
SUB-INVE-02	Si	No		
SUB-L01	Si	No		
SUB-L03	Si	Si	Cambio de piezas	Si
SUB-L08	Si	No		
SUB-L09	Si	No		

SUB-B168	Si	No		
AF-477	Si	Si	Cambio de piezas	Si
AF-476	Si	No		
SUB-B169	Si	No		
SUB-B176	Si	No		
SUB-B101	Si	No		
SUB-AF149	Si	No		
AF-512	Si	No		
AF-544	Si	No		

Fuente: Autor (2021).

A través de la tabla 8 se muestra la información complementaria de la presente etapa, sin embargo, se omiten los activos que no presentaron fallas o daños con el fin de sintetizar los datos a presentar.

Tabla 8.

Fase 3, Análisis de fallas y daños en activos de alta importancia.

Equipos o activos	Fechas de los Mttos correctivos	¿Que se hizo en ese mantenimiento?	¿Que se piezas o repuestos se usaron?
AF-122	5/03/2021	Cambio de motor de arranque	1 motor de arranque
AF-143	17/03/2021	Cambio de empaqueduras y mantenimiento al evaporador de gas	1 Kit de empaques para evaporador
AF-247	05/03/2021 06/03/2021	Cambio de ficha de división y Cambio de alarma de reversa tensionada de frenos. Cambio de cables de alta, Cambio de bujías, Cambio de cruceta cardan parte delantera.	1 Switch 1 Alarma de reversa 6 Bujías RF:BP5EFS 1 Cruceta cardan
SUB-L03	8/03/2021	Cambio de correa del alternador	1 Correa
AF-477	4/03/2021 8/03/2021 17/03/2021	Desmontaje de Baleclamp, Cambio de mangueras hidráulicas. Cambio de 2 mangueras del enfriador de aceite de transmisión. Cambio de manguera corta del Baleclamp. Instalación del switch de ignición, Instalación de la lampara trasera, Cambio de empaquetadura de gas.	2 mangueras 5/M 4 Galones ND.68 2 mangueras 1 manguera corta 1 switch de ignición 1 Lampara

Fuente: Autor (2021).

Si bien los activos de la empresa Mundial de Montacargas SAS presentaron fallas estos no significaron pérdidas a la organización y se solucionaron de forma rápida, esto se debe a la rigurosidad y correcta implementación de los planes de mantenimiento preventivo con los que cuenta la empresa, ya que con ellos se reducen el número de errores que presenta la maquinaria, además en caso de que se presente alguno se tiene una pronta detección de la falla, lo que permite actuar de forma inmediata en la solución idónea.

6.2.1.4 Fase 4, Diseño de planes de mantenimiento preventivo y de los recursos necesarios

Mediante esta fase se establecen las bases de los planes de mantenimiento de tipo preventivo sugeridos para los activos de la organización, junto con el respectivo análisis de los ya existentes y el cambio de los planes con una eficiencia baja.

Los planes de mantenimiento propuestos se deben realizar teniendo como base las características de la empresa a la cual se le está aplicando la metodología, sin embargo, es importante establecer periodos de tiempo mediante los cuales se pueda llevar a cabo un correcto control de los activos de la organización. En el caso de la empresa Mundial de Montacargas SAS se establecen las bases de mantenimiento mostradas en las tablas 9 y 10.

Tabla 9.

Fase 4, Planes de mantenimiento preventivo diario.

Mantenimiento preventivo diario
• El operario es responsable del Control diario dado al montacargas.
• El operario debe efectuar el Control diario al comienzo de su turno de trabajo antes de usar la batería. El mantenimiento diario es un control de funcionamiento verificando aspectos generales tanto en operación como visualmente. (pre operacional).

-
- No es necesario el uso de herramientas para realizar este control. —

 - Si no se realiza Control diario la seguridad de la maquina puede verse afectada. —

 - Si el equipo es encontrado dañado o necesita ser reparado por cualquier condición insegura, el paso a seguir es reportarlo inmediatamente al supervisor y este no debe ser operado hasta que sea restaurado por parte del personal técnico. —

 - Si durante la operación el equipo se torna inseguro por cualquier motivo, se debe reportar de inmediato al supervisor y el equipo no será operado hasta que no sea restaurado a una condición de operación segura. —

 - No se deben realizar reparaciones o ajustes sin autorización específica para hacerlo. —

Fuente: Adaptado de Mundial de Montacargas SAS (2021).

Tabla 10.

Fase 4, Planes de mantenimiento preventivo mensual.

Mantenimiento preventivo mensual	
<i>Lubricación de cadenas, Nivelación de aceite, Revisión de conexiones, tornillería, Limpieza externa.</i>	
➤ Lleve a cabo una limpieza general de la máquina una vez por mes.	—
➤ Elimine diariamente la suciedad acumulada en las ruedas.	—
<i>Limpieza del motor</i>	
➤ Tape los motores eléctricos, las conexiones y las válvulas antes del lavado.	—
➤ Limpie el compartimiento del motor utilizando un buen agente desengrasante.	—
<i>Componentes Eléctricos</i>	
➤ Verifique el estado del cableado y conexiones, realícelos ajustes necesarios. (en caso que el equipo no encienda al tercer intento, verifique primero el estado de las partes eléctricas antes de intentar encenderlo nuevamente.)	—
➤ Utilice aire a presión para la limpieza de los motores eléctricos.	—
➤ Limpie los paneles eléctricos, las tarjetas electrónicas, los contactores, las conexiones, las válvulas solenoides, etc. con limpiador electrónico.	—

Fuente: Adaptado de Mundial de Montacargas SAS (2021).

Una vez definidas las bases de los mantenimientos propuestos se procede a llevar a cabo la evaluación de los planes actuales, con el fin de determinar cuáles de ellos deben ser modificados o cambiados por uno nuevo como se muestra a continuación en las tablas 11 y 12.

Tabla 11.

Fase 4, Clasificación de la eficiencia de los planes actuales.

Eficiencia	Rango	Acción
Calificación 5	Muy alto	Plan adecuado, no requiere cambios
Calificación 4	Alto	Plan adecuado, realizar pocos cambios
Calificación 3	Media	Plan poco adecuado, tomar como base pero modificarlo
Calificación 2	Baja	Plan no adecuado, cambiar
Calificación 1	Muy baja	Plan no adecuado, cambiar

Fuente: Autor (2021).

Tabla 12.

Fase 4, Clasificación de los planes actuales.

Planes de mantenimiento	Maquinaria	Eficiencia actual del plan					Falencias del Plan
		1	2	3	4	5	
Preventivo	Montacarga eléctrico tipo contrabalaceada				X		*No se tiene establecido canales de la comunicación para las novedades de parte del cliente (puede existir mucha variabilidad) *No se tiene un conducto regular para los requerimientos de repuestos por parte de los técnicos"
Preventivo	Montacarga eléctrico tipo Pantógrafo				X		
Preventivo	Estibador Eléctrico				X		
Preventivo	Montacarga de combustión				X		
Preventivo	Montacarga eléctrico tipo Apilador				X		

Fuente: Autor (2021).

Es importante conocer las características de la empresa a la cual se le formula un plan de mantenimiento ya que, aunque tomar los de otras organizaciones pueden servir como guía no sería acertado tomarlos al pie de la letra para aplicarlos a otra. Teniendo esta premisa lo que se busca en

esta fase es tomar como base los planes con los que actualmente cuenta la empresa con eficiencias altas para ser aplicados a los activos que tienen planes poco eficientes.

Al llevar a cabo el análisis en los planes con los que cuenta Mundial de Montacargas se evidenció que aunque todos tienen una calificación alta (4), todos cuentan con las mismas falencias en común, una ausencia en los canales de comunicación con los clientes, lo que puede generar fallos o errores en la maquinaria, y la falta de un conducto regular para la solicitud de repuestos por parte de los técnicos, generando retrasos en la obtención de los mismos y en los tiempos de mantenimiento en los activos.

Tabla 13.

Fase 4, Compatibilidad entre planes de mantenimiento y los activos de la empresa.

Planes de mantenimiento con calificación muy alta y alta en eficiencia (5 y 4)			
	Maquinaria	Plan de mantenimiento preventivo	¿Plan aplicable a otra maquinaria?
a	Montacarga eléctrico tipo contrabalancedora	Inspección pre-uso diaria y mensual	Solo a contrabalancedoras
b	Montacarga eléctrico tipo Pantógrafo	Inspección pre-uso diaria y mensual	Solo a pantógrafos
c	Estibador Eléctrico	Inspección pre-uso diaria y mensual	Solo a estibadores eléctricos
d	Montacarga de combustión	Inspección pre-uso diaria y mensual	Solo a montacargas de combustión
e	Montacarga eléctrico tipo Apilador	Inspección pre-uso diaria y mensual	Solo a apiladores

Fuente: Autor (2021).

Si bien todos los activos de la empresa Mundial de Montacargas SAS cuentan con planes de mantenimiento satisfactorios mediante la página 9 del anexo 1, denominada “Fase 4, P3”, se muestra el procedimiento a llevar a cabo para los activos que posean planes de mantenimiento con eficiencias bajas o medias, con el fin de asignarles planes que cumplan los objetivos establecidos

por la respectiva empresa. Para finalizar con esta cuarta fase se crea un formato de recolección de información referente a las fallas que se presenten en cualquier equipo, el cual busca recopilar datos de en qué maquinaria se presentó, características de la falla, las causas, quien la reporto, fecha de la falla, acción tomada, encargado y los recursos utilizados para resolverla (Anexo 1, Pagina 10 denominada “Fase 4, p4”).

6.2.1.5 Fase 5. Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos

En la presente etapa se definen los periodos de mantenimiento propuestos en la Fase 4 (diarios y mensuales) por cada activo de la organización, junto con la información referente a los repuestos y recursos requeridos para llevarlos a cabo y que además son requeridos para resolver ágilmente los problemas que se puedan presentar en algún activo.

Los mantenimientos de un periodo de tiempo diario se programan desde el primer día hábil del mes con el fin de coincidir con la fecha en la cual la organización se encuentre en operación, por otra parte, para la programación de los mensuales se tomó como base la programación de los meses pasados, con el fin de asegurar el cumplimiento del periodo de tiempo establecido como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14.

Fase 5, Programación de los mantenimientos preventivos mensuales.

Programación de mantenimientos mensuales	
Mantenimiento preventivo mensual	Activos
Primera semana del mes	AF-053, AF-063, AF-150, AF-174, AF-176, AF-184, AF-207, AF-227, AF-236, AF-259, AF-314, AF-348, AF-430

Segunda semana del mes	AF-061, AF-135, AF-221, AF-300, AF-357, AF-358, AF-419, AF-439, SUB-L01, SUB-L03, AF-477, AF-476, SUB-B101
Tercera semana de mes	AF-122, AF-247, AF-356, AF-393, SUB-INVE-02, SUB-L09, SUB-B168, AF-512, AF-544
Cuarta semana del mes	AF-143, AF-260, AF-286, AF-351, AF-441, SUB-L08, SUB-B169, SUB-B176, SUB-AF149

Fuente: Autor (2021).

Una vez definidos los periodos en los que se llevaran a cabo los mantenimientos se deben tener en cuenta los recursos necesarios para llevar a cabo cada uno de ellos, los cuales se expresan mediante la tabla 15.

Tabla 15.

Fase 5, Recursos requeridos para llevar a cabo los mantenimientos.

Recursos requeridos		
Maquinaria	Recursos requeridos para revisión de mantenimiento	Frecuencia de uso de los recursos
Todos	Grasa	En cada mantenimiento
Todos	Lubricante	En cada mantenimiento
Todos	Trapos	En cada mantenimiento
Todos	Galón de aceite 20W-50	En cada mantenimiento que requiera cambio o nivelación de aceite
Todos	Conector de 24 Volt	En cada mantenimiento

Fuente: Autor (2021).

Para finalizar esta etapa se elaboró un formato de recolección de datos referentes a la compra de repuestos y otros recursos con el fin de llevar un control de los mismos (Anexo 1, Pagina 13 denominada “Fase 5, P2”).

6.3 Propuestas de solución

Tomando en cuenta las debilidades identificadas mediante el análisis DOFA y la auditoría realizada a la empresa Mundial de Montacargas se determinaron problemáticas que pueden ser solucionadas mediante la implementación de nuevas prácticas junto con la modificación de las que actualmente lleva la empresa con el fin de encaminarla en el sistema de mejora continúa propuesto en la metodología de 8 pasos.


6.3.1 Requerimientos de los técnicos

Tanto en las debilidades identificadas en el DOFA como en la fase 4 de la metodología de 8 pasos se define la problemática de la falta de un conducto regular para los requerimientos de repuestos por parte de los técnicos. Con el fin de dar una solución a dicha problemática y de paso definir un canal de interacción directo entre las diferentes áreas de la compañía con el fin de evitar retrasos en la actuación de los técnicos encargados del mantenimiento se establece un formato de recolección de datos referente a los repuestos solicitados por los técnicos con el fin de agilizar el proceso de comunicación y asignación de recursos necesarios.

El formato mostrado a continuación mediante la Imagen #4 se establecerá como el medio de comunicación directo entre los técnicos y los encargados del departamento de mantenimiento mediante el cual se llevará a cabo el reporte de la respuesta en la asignación de recursos con el fin de tener un control de la eficiencia de la actuación del departamento para resolver los problemas en el menor periodo de tiempo posible.


llevará a cabo el control de novedades en el estado de la maquinaria está establecido por la empresa Mundial de Montacargas SAS por cada maquinaria como se muestra a continuación:

Imagen 5. Formato de inspección para Montacargas tipo Contrabalanceado

		INSPECCIÓN TÉCNICA EQUIPO CONTRABALANCEADO			FIC-MTT-008
		FECHA: MARZO DE 2021	VERSIÓN: 002	RESP: DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
CLIENTE: _____		FECHA: _____		No INTERNO: _____	
HORÓMETRO _____		MODELO: _____		SERIAL: _____	
N. Nivelar	B. Bueno	M. Malo	R. Reparar	C. Cambiar	N.A. No Aplica
INDICADORES			ESTADO	SISTEMA DE SEGURIDAD	
HORÓMETRO				LUCES DELANTERAS	
CARGA DE BATERÍA				LUCES TRASERAS	
TESTIGOS Y FUNCIONES				STOPS	
NIVELES				LICUADORA	
NIVEL ACEITE HIDRAULICO				PITO	
NIVEL ACEITE DIFERENCIAL				ALARMA DE REVERSA	
LÍQUIDO DE FRENOS				ESPEJOS	
TORRE				EXTINTOR VENCE: MES AÑO	
CADENAS				SOPORTE EXTINTOR	
ROLINERAS				CINTURÓN DE SEGURIDAD	
MANGUERAS DE TORRE				LUZ BLUE LIGH	
POLEAS				INSPECCIÓN GENERAL	
SIDE SHIFT				ENCENDIDO	
CARRO				FRENOS	
HORQUILLAS				FRENO DE MANO	
SEGURO DE HORQUILLAS				DIRECCIÓN	
PARRILLA				FUGAS ACEITE	
PISTONES DE INCLINACIÓN				MANGUERAS HIDRÁULICO	
CILINDRO PRINCIPAL				CHASIS	
MEDIAS LUNAS				TORNILLERIA	
TORNILLERIA				PINTURA	
ROLINERAS DEL MASTIL				GUARDA DE OPERARIO	
SISTEMA ELÉCTRICO				RODILLOS DE LA BATERIA	
SWITCH DE ENCENDIDO				TAPA LATERAL	
CONECTOR DE BATERIA				MOTOR HIDRÁULICO AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>	
CONTACTORES PRINCIPALES				ESCOBILLAS	
CONTACTOR AUXILIAR				PORTA ESCOBILLAS	
FUSIBLES PANEL PRINCIPAL				RUIDOS	
MOTOR TRACCIÓN AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>				RESORTES	
DELANTERAS % Desgaste <input type="checkbox"/> 20% <input type="checkbox"/> 60% <input type="checkbox"/> 80% <input type="checkbox"/> 100%				MOTOR AUXILIAR AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>	
PORTA ESCOBILLAS				ESCOBILLAS	
RESORTES				PORTA ESCOBILLAS	
RUIDOS				RUIDOS	
ESTADO DE COLECTOR				RESORTES	
CABLES DE PODER				SUSPENSIÓN	
LLANTAS				PASADORES	
DELANTERAS % Desgaste <input type="checkbox"/> 20% <input type="checkbox"/> 60% <input type="checkbox"/> 80% <input type="checkbox"/> 100%				TERMINALES	
TUERCAS / PERNOS				SPLINDER	
TORQUE				ROTULAS	
TRASERAS % Desgaste <input type="checkbox"/> 20% <input type="checkbox"/> 60% <input type="checkbox"/> 80% <input type="checkbox"/> 100%				CILINDRO DE DIRECCIÓN	
TUERCAS / PERNOS				LUBRICACIÓN Y ENGRASE	
TORQUE					
OBSERVACIONES:					
TÉCNICO: _____			RECIBE _____		


Fuente: Mundial de Montacargas (2021).

Imagen 6. Formato de inspección para Estibadores eléctricos

		INSPECCIÓN TÉCNICA ESTIBADORES / WP			FIE-MTT-006
		FECHA: MARZO DE 2021	VERSIÓN: 003	RESP: DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
CLIENTE: _____		FECHA: _____		No INTERNO: _____	
HORÓMETRO _____		MODELO: _____		SERIAL: _____	
N. Nivelar	B. Bueno	M. Malo	R. Reparar	C. Cambiar	N.A. No Aplica
NIVELES			ESTADO	ESTADO	
ACEITE HIDRAÚLICO				EXTINTOR VENCE: MES	AÑO
ACEITE DE TRANSMISIÓN				SOPORTE DE EXTINTOR	
INDICADORES				CONECTOR DE BATERIA	
HORÓMETRO				CHASIS	
INDICADOR DE CARGA				AJUSTE DE TORNILLERIA	
SISTEMA ELÉCTRICO MANILAR				TAPAS LATERALES	
SWITCH DE LEVANTE				PINTURA	
SWITCH DE DESCENSO				AJUSTE DE SOPORTE DE CASTER	
SWITCH DE PITO				NIVELACIÓN DE HORQUILLAS	
SISTEMA ELÉCTRICO PALANCA				SOPORTES DE CASTER	
SWITCH DE LEVANTE				LANZA (ESTADO)	
SWITCH DE DESCENSO				TUERCAS (ESTADO)	
SWITCH DE PITO				AJUSTE DE TUERCAS DE LANZA	
CONTACTOR DE MARCHA				PASADORES DE LANZA	
MOTOR TRACCIÓN AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>				BUJES DE LANZA	
ESCOBILLAS % Desgaste <input type="checkbox"/> 20% <input type="checkbox"/> 60% <input type="checkbox"/> 80% <input type="checkbox"/> 100%				SISTEMA HIDRAULICO	
PORTAESCOBILLAS				MANGUERAS	
RESORTES				FUGAS	
RUIDOS				PISTONE (S) DE LEVANTE	
ESTADO DE COLECTOR				SISTEMA DE FRENOS	
CABLES DE PODER				POTENCIA DE FRENADO	
MOTOR HIDRÚLICO AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>				BANDAS	
ESCOBILLAS% Desgaste <input type="checkbox"/> 20% <input type="checkbox"/> 60% <input type="checkbox"/> 80% <input type="checkbox"/> 100%				RUEDAS DE CARGA REF:	
PORTAESCOBILLAS				SOPORTE RUEDA	
RESORTES				RUEDA TRACCIÓN REF:	
RUIDOS				ESPARROGOS RUEDA TRACCIÓN	
ESTADO DE COLECTOR				RUEDA ESTABILIZADORA REF:	
BOMBA HIDRAÚLICA				SOPORTE RUEDA	
CABLES DE PODER				ENGRASE GENERAL EN PUNTOS DE LUBRICACIÓN	
SISTEMA DE SEGURIDAD				REVISIÓN DE GRASERAS	
CONTRAMARCHA				SOPORTE RUEDAS DE CARGA	
TAPETE DEL PISO				SOPORTE PISTON DE LEVANTE	
PITO				SOPORTE ENGANCHE DE CABEZOTE	
PARRILLA				SOPORTE RUEDAS ESTABILIZADORAS	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
OBSERVACIONES					
TÉCNICO: _____			RECIBE _____		

Fuente: Mundial de Montacargas (2021).

Imagen 7. Formato de inspección para Montacargas eléctricos tipo Pantógrafo

		INSPECCIÓN TÉCNICA PANTÓGRAFOS			FIP-MTT-009
		FECHA: MARZO DE 2021	VERSIÓN: 003	RESP: DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	
CLIENTE: _____		FECHA: _____		No INTERNO: _____	
HORÓMETRO _____		MODELO: _____		SERIAL: _____	
N. Nivelar		B. Bueno		M. Malo	
R. Reparar		C. Cambiar		N.A. No Aplica	
INDICADORES		ESTADO			
HORÓMETRO				RUEDA DE TRACCIÓN REF:	
CARGA DE BATERÍA				ESPARRAGOS RUEDA TRACCIÓN	
TESTIGOS Y FUNCIONES				RUEDA ESTABILIZADORA REF:	
NIVEL ACEITE HIDRÁULICO				ESPARRAGOS RUEDA ESTABILIZADORA	
NIVEL ACEITE DIFERENCIAL				MOTOR HIDRÁULICO #1 AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>	
TORRE				ESCOBILLAS % Desgaste: 100%	
CADENAS				PORTA ESCOBILLAS	
ROLINERAS				RESORTES	
MANGUERAS DE TORRE				RUIDOS	
POLEAS				CABLES DE PODER	
SIDE SHIFT				BOMBA HIDRÁULICA No 1	
CARRO				MOTOR HIDRÁULICO #2 AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>	
HORQUILLAS				ESCOBILLAS % Desgaste: 100%	
SEGURO DE HORQUILLAS				PORTA ESCOBILLAS	
PARRILLA				RESORTES	
CILINDRO LATERAL DERECHO				RUIDOS	
CILINDRO LATERAL IZQUIERDO				CABLES DE PODER	
CILINDRO PRINCIPAL				BOMBA HIDRÁULICA No 2	
TORNILLERÍA				SISTEMA DE SEGURIDAD	
ROLINERAS DEL MASTIL				PARADA DE EMERGENCIA	
SISTEMA ELÉCTRICO				LICUADORA	
SWITCH DE ENCENDIDO				EXPLORADORAS	
CONECTOR DE BATERÍA				EXTINTOR VENCE: MES AÑO	
CONTACTORES PRINCIPALES				SOPORTE EXTINTOR	
CONTACTOR AUXILIAR				CINTURÓN DE SEGURIDAD	
FUSIBLES PANEL PRINCIPAL				PITO	
MOTOR TRACCIÓN AC <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/>				ALARMA REVERSA	
ESCOBILLAS % Desgaste:				ESPEJOS	
PORTA ESCOBILLAS				CHASIS	
RESORTES				TIMÓN DIRECCIÓN	
CABLES DE PODER				TORNILLERÍA	
RUIDOS				TAPAS LATERALES DE TANQUE	
MOTOR DE DIRECCIÓN AC				PINTURA	
RUIDOS				GUARDA DE OPERARIO	
CABLES DE PODER				SOPORTE DE CASTER	
MOTOR DE DIRECCIÓN HIDRÁULICO				TORQUE TORNILLOS BASE DE TRANSMISIÓN	
FUGAS				RODILLOS DE LA BATERÍA	
MANGUERAS				TAPAS LATERALES DE BATERÍA	
RUIDOS				PANTÓGRAFO	
ORBITROL				MANGUERAS	
ESTADO DE MANGUERAS				ESTRUCTURA	
FUGAS				TORNILLERÍA	
TARJETAS GENERAL				CABLES	
SISTEMA DE FRENOS				GRASERAS	
PLATO DE FRENO				LUBRICACIÓN	
DISCO DE FRENO				CILINDRO DERECHO - IZQUIERDO	
RUEDAS DE CARGA REF:				PASADORES DE CILINDRO	
				AMORTIGUADORES Y TORNILLOS	
OBSERVACIONES					
TÉCNICO: _____			RECIBE _____		

Fuente: Mundial de Montacargas (2021).

Una vez establecidos los formatos que se emplearan para llevar un control sobre los activos de la organización se llevara a cabo el proceso en 3 partes:

1. Se llevará a cabo la evaluación en el activo antes de ser entregado al cliente. El formato diligenciado se entregará junto con el activo.
2. Se entregará un formato similar al antes diligenciado al cliente, con el fin de que este haga un control en el estado o en alguna novedad del activo.
3. Una vez entregada la maquinaria a la empresa se llevará a cabo la evaluación del estado del activo mediante el mismo formato, con el fin de identificar cualquier novedad que presente la maquinaria tras su alquiler.

Imagen 9. Uso de formatos para llevar un control de la maquinaria



Fuente: Autor (2021).

Mediante este proceso de evaluación con el uso de los formatos de control, junto con la creación del departamento de atención y servicio a los clientes aparte de solucionar las problemáticas referentes a la comunicación nula con la que cuenta actualmente la empresa se van a fortalecer las relaciones empresa-cliente, lo que aseguraria la contratación en próximas ocasiones por parte de los clientes actuales y los nuevos que puedan llegar referidos por ellos.

6.3.3 Definición de indicadores de gestión, medición de mejoras y metas.

Mediante el análisis DOFA se estableció la debilidad de falta de indicadores de gestión, lo que imposibilita la definición y medición de mejoras y metas dentro de la empresa.

6.3.3.1 Fase 6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento

Con el fin de dar solución a esta debilidad la fase 6 de la metodología de 8 pasos se centra en la evaluación y control de la ejecución del mantenimiento, mediante la cual se evaluara la eficiencia de los planes de mantenimiento, el reporte de fallas que han presentado los activos con dichos planes, el porcentaje de mantenimientos llevados a cabo con base a los programados y finalmente, la definición de estrategias para llevar a cabo el 100% de los mantenimientos programados en caso de no haberlo logrado. Para realizar el cálculo de la eficiencia en el número de mantenimientos llevados a cabo mediante la ecuación a continuación mostrada:

$$\frac{N^{\circ} \text{ de mantenimientos realizados}}{N^{\circ} \text{ de mantenimientos programados}} * 100$$

= Eficiencia en la realización de mantenimientos

Al ser un proceso de mejora continua se pone a disposición de la empresa el formato para llevar a cabo la evaluación y control de la ejecución del mantenimiento periódicamente (Anexo 1, Pagina 14 denominada “Fase 6”).

Finalmente, las dos fases finales de la metodología de 8 pasos se centran en la mejora continua del sistema, lo cual posibilita a la compañía establecer nuevas metas y mejorar el sistema productivo de forma constante.

6.3.3.2 Fase 7, Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de los equipos

Mediante esta fase se lleva a cabo el análisis del ciclo de vida para los activos con los que actualmente cuenta la empresa con el fin de conocer los detalles de adquisición de la maquinaria, el tiempo que lleva en funcionamiento y que tan cerca esta de cumplir su vida útil en la empresa como se muestra en la tabla 16.

Tabla 19.

Fase 8, Análisis del ciclo de vida para los activos que serán adquiridos para reemplazar los antiguos.

Fase de concepción	Esta primera fase corresponde tanto al análisis de las necesidades como a la realización de las especificaciones. En esta etapa debe aparecer un primer esbozo de los requisitos en términos de fiabilidad de las instalaciones y de tipo de mantenimiento.	Para que se va a adquirir el activo, que tareas se espera que desarrolle y las expectativas sobre ella. En esta fase también se define el mantenimiento que se le aplicara.
Fase de desarrollo, fabricación e instalación	Una vez elegido el equipamiento, el siguiente paso consiste en la fase de proyecto y el seguimiento de las operaciones de instalación de su equipo en su planta. Durante este período, también es esencial empezar a construir la documentación técnica de los equipos, las diferentes gamas de mantenimiento, así como la implementación del mantenimiento.	Cuando se va a realizar su adquisición e instalación en la planta productiva. Qué tipo de documentación técnica posee para compilar la información pertinente.
Fase de explotación	Esta fase corresponde a la fase de lanzamiento y de uso de la máquina. Inicialmente estará sujeta a defectos de juventud, luego se podrá monitorizar todas las operaciones de mantenimiento (correctivo, preventivo, etc.)	Tiempo en funcionamiento que se estima tenga en la compañía.
Fase de desmontaje o de traslado	Una vez que su máquina esté al final de su vida útil (demasiada reparación, cambio de actividad, etc.), es probable que tenga que ser trasladada de su parque industrial a otra fábrica o a su disposición final como chatarra.	Una vez estimada la vida útil que se espera cumplir en la empresa se debe tener un plan de actuación para el desmontaje y disposición final del activo.

Fuente: Autor (2021).

Una vez entendidas las 4 fases del análisis de ciclo de vida para los activos que serán adquiridos por la empresa se procederá a llenar la siguiente tabla por cada activo que se vayan a obtener.

Tabla 20.

Fase 8, Definición del ciclo de vida esperado para la maquinaria a adquirir.

Maquinaria	Fase de concepción	Fase de desarrollo, fabricación e instalación	Fase de explotación	Fase de desmontaje o de traslado

Fuente: Autor (2021).

Esta es la última fase comprendida en la metodología de 8 pasos, mediante la cual se espera que las empresas que la apliquen, y en este caso Mundial de Montacargas SAS lleven un proceso de constante evaluación en sus procedimientos de mantenimiento, con el fin de obtener la mejor eficacia y eficiencia de sus procesos mediante la implementación de una metodología que tiene como eje la mejora continua del sistema.

7 Impactos esperados

El desarrollo de la investigación deja como resultado los siguientes entregables

- La metodología propuesta fue aplicable a la empresa Mundial de Montacargas SAS, por lo que se demuestra que puede ser aplicable a cualquier organización siempre y cuando se hagan modificaciones y consideraciones partiendo del punto que toda empresa es diferente a las otras.
- Se espera que la empresa Mundial de Montacargas SAS adopte la metodología de 8 pasos con el fin de asegurar la mejora continua en su sistema de mantenimiento, reduciendo las fallas y los costos generados por obsolescencia y por no llevar a cabo los mantenimientos en sus periodos definidos.
- Solucionar la problemática de la empresa con sus clientes, generando un canal de comunicación directo entre ambas partes, además de brindar un medio de evaluación de

los equipos con el fin de llevar un control por parte y parte en el cual quedaran reportadas las fallas o novedades en cada activo en el proceso de alquiler comercial.

- Mejora en los canales de comunicación de la empresa entre los técnicos y los encargados del departamento de mantenimiento para asignar los recursos necesarios para llevar a cabo los mantenimientos a los activos.

8 Análisis Financiero

8.1 Inversión generada

Con el fin de mejorar los canales de comunicación con los clientes de la empresa se plantea la contratación de personal para el área de atención al cliente, cuyos costos se ven reflejados en la tabla #21 mostrada a continuación:

Tabla 21.

Costo para la empresa por empleado.

Definición salario	
Salario establecido	\$ 1.200.000,00
Auxilio de transporte	\$ 106.454,00
Total	\$ 1.306.454,00
Aportes parafiscales	
Caja de compensación	\$ 48.000,00
Seguridad social	
Salud	No aplica
Pensión	\$ 144.000,00
Arl	\$ 6.264,00
Prestaciones sociales	
Prima de servicios	\$ 108.871,17
Auxilio de cesantías	\$ 108.871,17
Intereses sobre cesantías	\$ 13.064,54
Vacaciones	\$ 50.040,00
Costo total mensual	\$ 1.785.564,87

Fuente: Adaptado de Gerencie.com (2021).

Una vez definidos los costos para llevar a cabo la contratación de nuevo personal en la empresa procedemos a calcular el costo total para los puestos de empleo requeridos para el área de atención al cliente junto con los costos aproximados para la disposición de formatos de control en el proceso de alquiler de maquinaria.

Tabla 22.

Costo para la empresa del proceso de contratación en atención al cliente.

Cargo	Salario	Costo para la empresa	Cantidad	Total
Atención al cliente	\$ 1.200.000,00	\$ 1.785.564,87	2	\$ 3.571.129,75

Fuente: Autor (2021).

Tabla 23.

Costos totales mejora de comunicación con los clientes.

Concepto	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo
Puestos de empleo atención al cliente	Mensual	\$ 3.571.129,75	Anual	\$ 42.853.556,96
Formatos de control		\$ 66.000,00		\$ 792.000,00
	Total	\$ 3.676.729,75	Total	\$ 43.645.556,96

Fuente: Autor (2021).

Se deben llevar a cabo las respectivas capacitaciones con el fin de mejorar los conocimientos y las habilidades de los integrantes de la empresa. Para los nuevos puestos de atención al cliente se tiene como guía de precio el establecido por el Politécnico Mayor, el cual oferta un curso de tipo virtual de 80 horas el cual tiene un costo de \$68.000 COP. Con el fin de capacitar al personal en la temática de mejora continua, base de la metodología de 8 pasos, se consideran los cursos dados por BASC Bogotá de “Acciones Preventivas, Correctivas y de Mejora” y “Mejora Continua del SGCS”, con un costo de 2,5 SMMLV más IVA. La información anteriormente establecida se presenta a través de la tabla 24 como se muestra a continuación:

Tabla 24.
Costos de capacitación.

Capacitaciones	Precio	Asistente	Requeridos	Total
Curso virtual en servicio al cliente	\$ 68.000,00	1	2	\$ 136.000,00
Mejora Continua del SGCS	\$ 2.702.864,85	1 a 30	1	\$ 2.702.864,85
Acciones Preventivas, Correctivas y de Mejora	\$ 2.702.864,85	1 a 30	1	\$ 2.702.864,85

Fuente: Autor (2021).

Finalmente, se presentan los costos generales que requerirá la empresa Mundial de Montacargas SAS según lo establecido por el presente estudio para llevar a cabo la metodología de 8 pasos junto con brindar soluciones a los problemas identificados mediante la siguiente tabla:

Tabla 25.
Costos totales.

Apartado	Costo mensual	Costo anual
Puestos de empleo atención al cliente	\$ 3.571.129,75	\$ 42.853.556,96
Formatos de control	\$ 66.000,00	\$ 792.000,00
Papelería y otros formatos (de fallas y repuestos)	\$ 10.000,00	\$ 120.000,00
Curso virtual en servicio al cliente	\$ 136.000,00	\$ 136.000,00
Capacitación Mejora Continua del SGCS	\$ 2.702.864,85	\$ 2.702.864,85
Capacitación Acciones Preventivas, Correctivas y de Mejora	\$ 2.702.864,85	\$ 2.702.864,85
Total	\$ 9.188.859,45	\$ 49.307.286,66

Fuente: Autor (2021).

8.2 Utilidad esperada

La empresa Mundial de Montacargas SAS estima que al llevar a cabo las mejoras propuestas, principalmente en el ámbito de la atención al cliente aumentaría la demanda del servicio de alquiler de maquinaria en cerca de un 5% a un 10% mensual.

El costo de alquiler mensual promedio por maquinaria es de \$4'500.000, sin embargo, hay que partir del punto de que los activos de la empresa no siempre se alquilan la totalidad de días al mes,

por lo que para el cálculo de las utilidades estimadas por las 44 máquinas contempladas en el presente estudio se toma como base el costo de alquiler de maquinaria en un periodo de tiempo menor, como se muestra a continuación en la tabla #26.

Tabla 26.

Ingresos mensuales actuales por los 44 activos

Costo alquiler mensual	\$ 4.500.000
Costo alquiler diario	\$ 150.000
Días estimados en alquiler al mes	20
Costo mensual según los días estimados en alquiler	\$ 3'000.000
Numero de activos	44
Ingresos mensuales	\$ 132.000.000

Fuente: Autor (2021).

Una vez establecidos los ingresos mensuales que representan para la empresa el alquiler de sus 44 activos se procede a aplicar el 5% y el 10% de utilidad establecida por la misma para conocer los nuevos ingresos tras llevar a cabo la propuesta, porcentaje que equivaldría a uno y dos días más de alquiler del total de los activos respectivamente como se muestra a continuación.

Tabla 27.

Utilidad por cada escenario establecido

Escenario 1		Escenario 2	
<i>Días estimados en alquiler al mes</i>	20	<i>Días estimados en alquiler al mes</i>	20
<i>Porcentaje de utilidades</i>	5%	<i>Porcentaje de utilidades</i>	10%
<i>Equivalencia en tiempo de las utilidades establecidas</i>	1	<i>Equivalencia en tiempo de las utilidades establecidas</i>	2
<i>Numero de activos</i>	44	<i>Numero de activos</i>	44
<i>Costo alquiler diario</i>	\$ 150.000,00	<i>Costo alquiler diario</i>	\$ 150.000,00
<i>Utilidad mensual</i>	\$ 6.600.000,00	<i>Utilidad mensual</i>	\$ 13.200.000,00

Fuente: Autor (2021).

8.3 Retorno Operacional de la Inversión

Para el cálculo del ROI se manejan los dos escenarios planteados, esto con el fin de conocer el retorno de la inversión tanto en el peor como en el mejor de los casos estimados porcentualmente.

Por último, se tomarán los costos anuales definidos en la tabla #25 y se dividirán en 12, esto ya que las capacitaciones son inversiones que se hacen de forma anual.

Tabla 28.

Costos de inversiones anuales y mensuales

Costos anuales de inversión	\$ 49.307.286,66
Costos mensuales de inversión	\$ 4.108.940,56

Fuente: Autor (2021).

8.3.1 ROI escenario menos favorable (utilidad 5%)

Se procedió a calcular el Retorno Operacional de la inversión mediante la ecuación mostrada a continuación:

$$ROI = \frac{Ganancia - Inversión}{Inversión}$$

De esta forma para el escenario menos favorable, con utilidades del 5%, expresadas en \$6'600.000 mensuales se tiene que:

$$ROI = \frac{\$6'600.000 - \$4'108.940,56}{\$4'108.940,56} = 0,6062$$

De esta forma se tiene que en el peor de los escenarios, en el cual de forma mensual los 44 activos de la empresa tendrían un día más de alquiler al mes, se obtendría un retorno de la inversión del 60,62% mediante la implementación del proyecto.

8.3.2 ROI escenario menos favorable (utilidad 10%)

Se procedió a calcular el Retorno Operacional de la inversión mediante la ecuación mostrada a continuación:

$$ROI = \frac{Ganancia - Inversión}{Inversión}$$

De esta forma para el escenario menos favorable, con utilidades del 10%, expresadas en \$13'200.000 mensuales se tiene que:

$$ROI = \frac{\$13'200.000 - \$4'108.940,56}{\$4'108.940,56} = 2,2125$$

De esta forma se tiene que, en el peor de los escenarios, en el cual de forma mensual los 44 activos de la empresa tendrían dos días más de alquiler por mes, se obtendría un retorno de la inversión del 221,25% mediante la implementación del proyecto.

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

- Aunque la metodología de 8 pasos posea una estructura general para llevar a cabo el sistema en una empresa es importante tener en cuenta las individualidades, características y diferencias de cada una, esto con el fin de llevar a cabo una adaptación e implementación satisfactoria del sistema en la compañía.
- Al implementar la metodología en la empresa Mundial de Montacargas SAS fue posible conocer las falencias de la empresa, con lo que se pudo hacer una evaluación y propuesta de solución.

- La principal ventaja de la metodología de 8 pasos es que se centra en el proceso de mejora continua, lo que permite a la empresa a la cual se le implemente el sistema estar en una constante evolución, lo que le permitirá tener una mejor gestión de sus activos y procesos, situándola en el mercado como una empresa eficiente y con un alto rango de confiabilidad.

9.2 Recomendaciones

- Se recomienda para la empresa Mundial de Montacargas SAS que el departamento de mantenimiento lleve un análisis periódico y una evaluación continua a sus procesos por medio de la metodología de 8 pasos, ya que mediante esta se garantiza el proceso de mejora continua de la compañía.
- Asegurar el cumplimiento de los mantenimientos en los periodos de tiempo establecidos por cada activo.
- Implementar los formatos referentes a recolección de fallas, de solicitud y de compra de repuestos con el fin de generar un conducto regular de comunicación entre los operadores y el departamento de mantenimiento además de tener un historial de acciones relacionadas.
- Crear los puestos de empleo recomendados con el fin de mejorar los canales de comunicación con los clientes de la empresa Mundial de Montacargas.
- Llevar a cabo las capacitaciones con los empleados con el fin de familiarizarlos y generar conocimiento referente a los sistemas de mejora continua.

10 Bibliografía

Aguilar L. & Rodríguez H. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas*. Bogotá D.C.: Universidad Libre de Colombia.

Amador C. (2005). *Diseño de un plan de mantenimiento para la flota de equipos pesados de la gerencia de PMH de la empresa C.V.G Ferro Minería Orinoco C.A.* Venezuela: Universidad Nacional Experimental Politécnica de Puerto Ordaz.

Aristizábal D. (2007). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa de centrifugados Concisa LTDA.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Asociación Española de Normalización (2018). *Norma Española UNE-EN 17007, Proceso de mantenimiento e indicadores asociados.* Madrid, España.

Barona Y. (2010). *Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas sopladora e inyectora de la empresa Otorgo LTDA.* Cali: Universidad Autónoma de Occidente.

Cansino E. & Lucero D. (2015). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa.* Ecuador: Escuela Politécnica Nacional de Quito.

Cárdenas M. (2011). *Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para los equipos y vehículos de DINACOL S.A.* Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar.

Cardona L. (2005) *Implementación del Mantenimiento Preventivo y Correctivo en el Área de Guillotinado en una Empresa que Manufactura Plywood.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Castañeda D. & Pérez D. (2017). *Metodología para desarrollar un sistema de gestión de activos enfocado al mantenimiento según normatividad ISO 55000:2014. Caso de estudio: Subestación Eléctrica de la Facultad Tecnológica, Universidad Distrital.* Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Castillo C. & Vaca J. (2016). *Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmeccánico.* Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.

Esquivel J. (2009). *Metodología para la detección y prevención de fallas en equipos industriales de producción*. Ciudad de México, Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México UNAM.

Gerencie.com (2021). *Cuánto cuesta un trabajador con salario mínimo*. Recuperado el 25 de septiembre del 2021 de: <https://www.gerencie.com/cuanto-cuesta-un-trabajador-con-salariominimo.html>

Girón E. (2005). *Implementación del mantenimiento preventivo en las separadoras de combustible de una planta de generación de energía eléctrica por medio de motoras de combustión interna basado en la norma ISO 9001:2000*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Gómez G. & Manga R. (2006). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA ENLATADORA EN LA EMPRESA SEATECH INTERNATIONAL INC.* Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar.

Hernández M. & Pinto E. (2015). *Diseño y propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para la gestión del activo Maquina Embolsadora Razim*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.

Maya J. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia sede de Medellín.

Murillo M. & Restrepo L (2016). *Nacimiento y supervivencia de las empresas en Colombia. Bogotá: Confecámaras*. Recuperado el 28 de julio del 2021 de: https://www.confecamaras.org.co/phocadownload/Cuadernos_de_analisis_economico/Cuaderno_de_An%20B0lisis_Economico_N_11.pdf

Orozco R. (2015). *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA PRELASELVA & CIA. S. EN C. BAJO LOS LINEAMIENTOS DE LA NORMA ISO 9001 DE 2008*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Osorio G. (2012). *Diagnóstico integral al área de mantenimiento de una empresa del sector servicios en aire acondicionado del Valle de Aburrá*. Medellín: Universidad EAFIT.

Parra C. & Crespo A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos, Segunda Edición*. Edita: INGEMAN, España.

Plazas C. (2019). *Elaboración de un plan de mantenimiento para la planta principal de Tecnitanques Ingenieros*. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América.

Sandoval S., Rea R., Calixto R., Velasco R & García M. (2012). *Metodología para realizar análisis de Mantenimiento Basado en Confiabilidad en centrales hidroeléctricas*. Boletín IIE, Edición Octubre-Diciembre 2012.

Troffé M. (2006). *ANÁLISIS ISO 14224 /OREDA. RELACIÓN CON RCM-FMEA*. Recuperado el 01 de agosto del 2021 de: <https://n9.cl/c5ydf>.

Urrego J. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa cimentaciones de Colombia LTDA*. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomás.

Vega P. (2009). *Diseño de la estrategia de pasos para un mantenimiento preventivo e inspección basada en el riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la planta para concentrados de la empresa Itacol S.C.A. ubicada en Girón Santander*. Santander: Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga.

Viveros P., Stegmaier R., Kristjanpoller F., Barbera L & Crespo A. (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), pp 125-138.

11 Referencias

Cortés U. & Valbuena R. (2020). *Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.

Herrera, W. (2017). *Gerencia Mto*. Cartagena: ECCi.

Moubray, J. (1991). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*.

Perdomo A. & Fernández B. (2015). *Propuesta de mantenimiento y servicio al cliente enfocada en una empresa del sector automotriz*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.

Ramírez R. & Herrera L. (2021). *Propuesta de un Programa de Mantenimiento para los Activos de una Compañía del Sector de Obra Civil en la división de Alquiler de Equipos. “Caso de Estudio Retrocargador de oruga Hitachi 200*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.

Ruiz L., Carrero M. & Carrillo S. (2020). *Desarrollo de una propuesta basada en la metodología PMO para las unidades de bombeo mecánico de extracción de crudo*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.

SEAS, estudios superiores abiertos (Moubray, 1991)

Tavares, L. (1996). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brasil.

Villanueva G., Naranjo M. & Jerez R. (2021). *Propuesta de mejora de la Gestión de Mantenimiento de los activos de una Compañía Certificadoras de Productos y Servicios*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Carreras Intermedias ECCI.