



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MEJORA DE PRODUCTIVIDAD DEL TALLER DE MECÁNICA DEL MEGATALLER
ANDAR MEDIANTE EL ANALISIS DE DIFERENTES METODOLOGIAS Y
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA DE ELLAS.**

Autor

Ramiro Andres Ceballos Restrepo

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica

Medellín, Colombia

2021



MEJORA DE PRODUCTIVIDAD DEL TALLER DE MECÁNICA DEL MEGATALLER
ANDAR S.A. MEDIANTE EL ANALISIS DE DIFERENTES METODOLOGIAS Y
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA DE ELLAS.

Ramiro Andrés Ceballos Restrepo

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Asesor interno:

Ing. Juan Carlos Orrego Barrera

Asesor externo:

Ing. Edison Fernando Castro Gallego

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica

Medellín, Colombia

2021

Contenido

1. TÍTULO	6
2. RESUMEN DEL PROYECTO	6
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	9
4.1 Objetivo general	9
4.2 Objetivos específicos.....	9
5. METODOLOGÍA.....	10
6. MARCO TEÓRICO	11
6.1 Andar (antioqueña de automotores y repuestos).....	11
6.1.1 Misión.....	12
6.1.2 Visión.	12
6.2 Sistemas y equipos del taller de mecánica de la compañía.....	12
6.2.1 Listado de equipos del taller de mecánica del Megataller ANDAR.....	12
6.3 Programa 5s.....	24
6.4 RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad) Reliability Centered Maintenance.....	34
6.5 TPM (Mantenimiento productivo total) Total Productive Maintenance	38
6.6 PMO (Optimización del mantenimiento planeado) Planead Maintenance Optimization....	43
7. ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA	49
7.1 Evaluación de los aspectos propuestos para la selección de la metodología.....	57
7.2 Resultados.....	61
8. CONCLUSIONES.....	62
9. BIBLIOGRAFIA	64
10. Anexos	65

Imágenes

Imagen 1. Codificación equipos ANDAR S.A	13
Imagen 2. Montacoches	14
Imagen 3. Compresor de aire.....	16
Imagen 4. Secador de aire comprimido.....	17
Imagen 5. Elevador de doble columna	18
Imagen 6. Equipo para aire acondicionado automotriz (Robinair)	19
Imagen 7. Midtronics GR8	20
Imagen 8. Analizador de gases	21
Imagen 9. Elevador de tijera.....	22
Imagen 10. Recolector de aceite	23
Imagen 11. Bahías del taller de mecánica antes de implementar el programa	27
Imagen 12. Carro de herramientas antes de implementar el programa 5s	28
Imagen 13. Pasillos del taller de mecánica con repuestos en el piso.	28
Imagen 14. Cuarto de motores en pésimas condiciones de orden y aseo	29
Imagen 15. Cuarto de motores.	29
Imagen 16. Acumulación de llantas en el área de alineación.	29
Imagen 17. Bahías de los técnicos con repuestos en el piso.	30
Imagen 18. Derrames en los pisos del taller que pueden ocasionar accidentes.....	30
Imagen 19. Mesas de trabajo de los técnicos en pésimas condiciones de aseo	31
Imagen 20. Bahías del taller de mecánica después de implementar el programa.....	31
Imagen 21. Carros de herramientas después de implementar el programa 5s.....	32
Imagen 22. Bahías de los técnicos después de implementar el programa, sin repuestos en el piso.....	32
Imagen 23. Bahías de los técnicos en óptimas condiciones de aseo.	33
Imagen 24. Área de alineación después de implementar el programa.	33

Figuras

Figura 1. Esquema programa 5s	25
Figura 2. Proceso del RCM	36
Figura 3. Ciclo reactivo del mantenimiento.....	43
Figura 4. Diagrama de barras para los resultados.	61
Figura 5. Diagrama radial resultados.....	62
Figura 6. Organigrama taller mecánica.	50

Tablas

Tabla 1. Equipos del taller de mecánica de ANDAR S.A	12
Tabla 2. Tipos de equipos.	13
Tabla 3. Especificaciones del montacoches.....	15
Tabla 4. Características compresor de aire.....	16
Tabla 5. Características del elevador de columna.....	18
Tabla 6. Características Robinair.	19
Tabla 7. Características analizador de gases	21
Tabla 8. Características elevador de tijera.	22
Tabla 9. Características del recolector de aceite.....	23
Tabla 10. Políticas existentes para la implementación de las metodologías.	52
Tabla 11. Evaluación de madurez para el TPM.	53
Tabla 12. Evaluación de madurez para el RCM.	54
Tabla 13. Evaluación de madurez para el PMO.	54
Tabla 14. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el TPM.....	55
Tabla 15. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el RCM.....	55
Tabla 16. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el PMO.....	56
Tabla 17. Resultados para elección de metodología.	56
Tabla 18. Evaluación de políticas de empresa TMP.	57
Tabla 19. Evaluación de políticas de empresa RCM.	57
Tabla 20. Evaluación de políticas de empresa PMO.	58
Tabla 21. Evaluación de Madurez para el TPM.	58
Tabla 22. Evaluación de Madurez para el RCM.	58
Tabla 23. Evaluación de Madurez para el PMO.	59
Tabla 24. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el TPM.....	59
Tabla 25. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el RCM.....	60
Tabla 26. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el PMO.....	60
Tabla 27. Resultados.....	61

1. TÍTULO

Mejora de productividad del taller de mecánica del megataller andar s.a. mediante el análisis de diferentes metodologías y propuesta de implementación de una de ellas.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El área de mantenimiento de la empresa ANDAR realiza las labores de mantenimiento basado en los manuales de operación de operación que se tienen en la compañía y muchas veces apoyados en la experiencia de sus operarios, pero desafortunadamente la gran mayoría de estas labores están enfocadas en el mantenimiento correctivo, ya que el personal de mantenimiento no es suficiente para dar soporte a toda la compañía y a todas sus sedes, es importante resaltar que no se tiene una metodología implementada que garantice que los activos de la compañía tengan una disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad que permitan a la compañía opera de manera eficiente, económica y segura.

Las metodologías de mantenimiento, son herramientas que nos permiten alcanzar un grado alto de competitividad para nuestra empresa, no solo en el ámbito nacional sino también a nivel internacional, estas han evolucionado a la par de la ingeniería y se han convertido en pilares fundamentales de la gestión de activos en cualquier empresa, es de vital importancia reconocer el contexto en el cual opera la empresa poder implementar la metodología que más se ajuste a él, en nuestro país cada vez son más las compañías que adoptan estas metodologías las cuales están claramente alineadas e incluidas en la carta de navegación de las organizaciones.

En este proyecto la idea es analizar y comparar varias metodologías y teniendo en cuenta el conocimiento que se ha adquirido de la empresa, poder seleccionar la que más se adapte a ella, las metodologías para las cuales se realiza el análisis son: RCM, TPM Y PMO, cabe aclarar que independientemente de la que se seleccione, se va a implementar la metodología de 5s como una base para cualquiera de estas, ya que se necesita una organización, orden y aseo para lograr la implementación adecuada del TPM, el RCM o el PMO.

3. JUSTIFICACIÓN

La planificación estratégica, táctica y operativa constituyen una herramienta fundamental para cualquier empresa que desee obtener una solidez y una dirección a largo plazo de su negocio (Orrego, Copiman AMGA, 2020), allí es donde juega un papel fundamental el área de mantenimiento, la cual debe estar concatenada y alineada con los objetivos de la compañía, la idea es agregar valor a la organización y ayudarla a estar en una posición competitiva en el campo en el cual se desempeña (Orrego, Copiman AMGA, 2020).

El área de mantenimiento debe tener como un objetivo claro el aumento del beneficio para la compañía, pensando también en otros factores igualmente importantes como son el cuidado de las personas y del medio ambiente, para esto el área mantenimiento debe realizar una planificación adecuada con el fin de aumentar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos (Orrego, Copiman AMGA, 2020), por lo tanto, es fundamental tener claridad y conocimiento acerca de la empresa, conocer el contexto operacional y cuáles son sus activos, así como cuál es su estado actual y

también se debe reconocer como estaba la empresa años atrás, es decir, como desde el área de mantenimiento se apoyó la empresa con el fin de lograr los objetivos propuestos o si por el contrario el mantenimiento fue un obstáculo para poder obtener más beneficios, esto es un punto de partida importante para proyectar el futuro y saber lo que podemos y queremos lograr, el conocimiento de la compañía facilitará la planeación y así tendremos las herramientas para causar un impacto en la producción; después de tener una planeación adecuada es importante programar como se ejecutarán esos planes, así como los procedimientos adecuados para llevar a cabo dicho fin, todo esto debe estar acompañado de un seguimiento periódico que se hace a cada una de estas labores para conocer los resultados obtenidos y así realizar las debidas correcciones o ajustes al plan inicial, sin perder de vista el objetivo principal, el cual es agregarle valor a la empresa.

En una compañía es de vital importancia el área de mantenimiento y lamentablemente no en todas se les reconoce de esta manera, por lo tanto, a través de la utilización de diferentes estrategias, metodologías y resultados se pretende mostrar cómo esta área es clave para la consecución de cualquier meta trazada por la compañía y en el caso particular de la empresa ANDAR se pretende mejorar sus beneficios a través de la selección adecuada de una metodología de mantenimiento, lo cual permitirá un aumento de la productividad.

ANDAR S.A (antioqueña de automotores y repuestos) es una empresa que inició operaciones en 1974 bajo la marca CHRYSLER, con la misión de Comercializar vehículos y servicios afines con alto grado de profesionalismo, para generar

entusiasmo y fidelidad en nuestros clientes, misión que se mantiene hoy en día, bajo la marca Chevrolet.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Mejorar la productividad del taller de mecánica del Megataller ANDAR a través de un plan de acción basado en el análisis de diferentes metodologías de mantenimiento y retomar el programa de 5s.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de las labores de mantenimiento del taller de mecánica del Megataller ANDAR e identificar las oportunidades de mejora.
- Revisar las diferentes metodologías y seleccionar la más adecuada según las características del taller de mecánica o una combinación de ellas que permita mejorar la productividad.
- Evaluar el estado actual del programa de 5s, plantear mejoras e implementarlo en el taller de mecánica como complemento a la metodología seleccionada para elaborar el plan de acción.
- Elaborar un plan de acción que permita el mejoramiento de la productividad del taller de mecánica del Megataller ANDAR.

5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán conceptos aprendidos previamente, así como fuentes bibliográficas y apoyo por parte del asesor interno, también se contará con la ayuda de personal especializado en mantenimiento de la compañía ANDAR, la idea es recopilar información acerca de las metodologías que son objeto de estudio en nuestro caso con el fin de buscar la mejor opción para el Megataller de ANDAR.

La metodología se dividió en varias etapas:

- Análisis y reconocimiento de la empresa ANDAR, sistemas que intervienen en la operación, describiendo su función y equipos asociados.
- Búsqueda de la información teniendo en cuenta las necesidades de la compañía en cuanto a mantenimiento de sus equipos y con base en esto seleccionar la metodología más adecuada.
- Descripción de las metodologías: RCM, TPM y PMO.
- Se realiza una matriz de comparación de las diferentes metodologías.
- Análisis de los resultados y conclusiones que se obtienen, así como la selección de la metodología que se debe implementar en el Megataller.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Andar (antioqueña de automotores y repuestos)



ANDAR S.A es una empresa que inició operaciones en 1974 bajo la marca CHRYSLER, posteriormente en 1981 cuando GM compró la ensambladora de Colmotores en Colombia, ANDAR S.A pasó a comercializar la marca Chevrolet. En 1982 el taller de ANDAR S.A. constituido desde inicios y que operaba con el mismo nombre, empezó como unidad independiente y cambió su razón social por la de VEHISERVICIO S.A. que existió como empresa independiente hasta el primero de enero de 2003, momento en el cual ANDAR S.A. retoma nuevamente la operación del taller y este pasa a ser de nuevo el taller de servicio. En los últimos años ANDAR S.A. ha continuado creciendo; en el año 2008 se construyó la sede Megataller, un edificio con 12000 mts² dotado de tecnología y equipos para realizar los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, servicio de venta y postventa con todo el respaldo de la marca Chevrolet.

ANDAR S.A. se encuentra certificada desde el año 2005 bajo la norma ISO 9001 versión 2008 en todos los procesos, garantizando la calidad de cada uno de sus servicios. En el año 2011 se certificó bajo la norma ISO 14001 versión 2004 para los mismos procesos de calidad contribuyendo de esta manera con el medio ambiente en procesos menos contaminantes.

6.1.1 Misión.

Comercializar vehículos y servicios afines con alto grado de profesionalismo, para generar entusiasmo y fidelidad en nuestros clientes.

6.1.2 Visión.

Mantener el reconocimiento como concesionario líder en el sector automotriz.

6.2 Sistemas y equipos del taller de mecánica de la compañía

6.2.1 Listado de equipos del taller de mecánica del Megataller ANDAR

Se hace un registro de los equipos que habrá que mantener y basados en esto ayudar a la selección de la metodología que se implementará en el megataller pensando en tener una adecuada programación y planificación.

EQUIPO	Cantidad
Elevador (Montacoches)	1
Compresor de aire	2
Secador de aire comprimido	2
Elevador de doble columna	14
Elevador de tijera	16
Equipo de alineación	1
Recolector de aceite	8
Equipo de aire acondicionado automotriz	1
Midtronics GR8	2

Tabla 1. Equipos del taller de mecánica de ANDAR S.A

Codificación de los equipos en el Megataller

XX-XX-CONSECUTIVO



Imagen 1. Codificación equipos ANDAR S.A

Bodega del taller de mecánica: 12

Código	Naturaleza
N	Neumático
M	Mecánico
E	Eléctrico
EE	Electrónico
HM	Mecánico Hidráulico
H	Hidráulico
MN	Mecánico Neumático
ME	Mecánico Eléctrico

Tabla 2. Tipos de equipos.

Todos los equipos que se encuentran en el megataller están debidamente codificados y tienen un plan de mantenimiento específico, aunque se lleva a cabo en su parte más básica (en los equipos más importantes) ya que el personal de mantenimiento no es suficiente para realizar estas labores de forma adecuada y planeada.

A continuación, se realiza una descripción de los equipos más importantes del Megataller:

ELEVADOR (MONTACOCHE)



Imagen 2. Montacoches

Este montacoches es el único medio o equipo para desplazar los vehículos a los diferentes pisos del megataller, por lo cual es fundamental que siempre esté operativo.

Características del equipo:

Capacidad 2500kg

Plataforma fabricada en perfilería estructural HRPTS de 90*50*2.5 mm, con laterales forrados en malla eslabonada de 1x1 pulgadas calibre 12 y piso fabricado en lamina HR alfajor calibre 3/16 con refuerzos inferiores en perfil HR PTS de 90*50*2.5mm.

El elevador se desplaza por cuatro juegos dobles de guías laterales fabricadas en lamina HR calibre 5/16 dobladas en U.

Las puertas frontales funcionan bajo accionamiento eléctrico automático fabricado en tubería PTS 50*50*2mm forrada en malla 1''x1' calibre 12.

Sistema de potencia con motorreductor NORD gama helicoidal con las siguientes características:

Potencia	11kw
Motor trifásico	220v
Reducción	60.46-1
Factor de servicio	1.6
Torque nominal	3622 Nm
Electro freno	150 Nm

Tabla 3. Especificaciones del montacoches.

El elevador tiene un sistema de tracción accionado por cadena triple y piñones p60, además, cuenta con contrapesas fabricadas en lámina HR calibre 3/16 que compensan el peso y garantizan la tensión de las cadenas.

El sistema también cuenta con un variador de velocidad Yaskawa controlado por una tarjeta electrónica que ejecuta las acciones necesarias según lo requiera el sistema, además, se cuenta con sensorica para asegurar el correcto funcionamiento del elevador bajo las condiciones de uso y seguridad para las cuales fue diseñado.

COMPRESOR DE AIRE



Imagen 3. Compresor de aire

Codificación: 12 M 26

La empresa cuenta con 2 compresores Alup Kompessoren de la serie sck con las siguientes características:

Caudal	162 m³/h
CFM	95
Potencia motor	18.5 kw

Tabla 4. Características compresor de aire.

SECADOR REFRIGERATIVO



Imagen 4. Secador de aire comprimido

En el taller de mecánica la compañía cuenta con un secador refrigerativo de aire de la serie H de KAESER que hace parte del sistema de la red de aire comprimido que tiene las siguientes características:

Codificación 12 EN 40

Modelo TCH 32

Drenaje de condensados automático

Indicador de punto de rocío

Separador de humedad integrado

Refrigerante R134a

110 scfm (flujo a 100psig)

Presión máxima de operación 230

Caída de presión 4.41psid

Compresor refrigerante 1 hp

ELEVADOR DE DOBLE COLUMNA



Imagen 5. Elevador de doble columna

Codificación 1 EE 41

Este equipo funciona mediante un husillo roscado y tuerca, accionados por un motor eléctrico con transmisión por cadena, posee un trinquete que asegura la carga para evitar accidentes ante un fallo del sistema, la lubricación del husillo es de forma permanente y automática.

Características

Capacidad	3000 kg
Peso	565kg
Altura de elevación	1890 mm
Motor	4.5 kw
Subida/bajada	57 s

Tabla 5. Características del elevador de columna.

EQUIPO PARA AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ (ROBINAIR)



Imagen 6. Equipo para aire acondicionado automotriz (Robinair)

Codificación: 19 EE 41

Este equipo es el único con el cual cuenta el taller para hacer diagnósticos de aire acondicionado, de allí su importancia en mantenerlo siempre operativo, este equipo recupera, recicla, evacua recarga el gas con el cual funciona la máquina, además, también se pueden realizar pruebas de fugas, a continuación, se presentan sus principales características.

Modelo	AC 590 PRO
Potencia max	800 w
Presión	16 bar
Fluido refrigerante	R134a
Alimentación	110 v a 50/60 hz

Tabla 6. Características Robinair.

MIDTRONICS



Imagen 7. Midtronics GR8

Codificación: 15 EE 65

El midtronics es un equipo portátil que sirve para el diagnóstico del estado de las baterías de los vehículos, además, puede proporcionarle a esta una carga rápida y controlada.

Entre sus principales características encontramos:

Modo de carga de diagnóstico: evalúa rápida y eficientemente el estado de la batería.

Modo de fuente de alimentación: Mantiene el estado de carga de la batería durante la programación de reflash del vehículo y un extenso trabajo de servicio.

Modo de inicio rápido: rutina de arranque automático de 250 amperios.

Modo manual: parámetros de carga definidos por el usuario.

Puente inalámbrico multitarea (modelo GR8-1200): Permite a los usuarios cargar una batería mientras diagnostican baterías y sistemas eléctricos en otros vehículos.

ANALIZADOR DE GASES



Imagen 8. Analizador de gases

Equipo utilizado para medir la densidad de emisión de gas de un automóvil y así poder hacer un diagnóstico de tal forma que pueda proporcionar una función de prevención y mejora en cuanto a la emisión de gases contaminantes a la atmosfera.

Características:

Modelo	QGA 6000
Medición	CO, HC, CO ₂ , O ₂ , Lambda, AFR, NO _x (opcional)
Metodo de medición	CO, HC, CO ₂ : Método NDIR O ₂ , NO _x : Célula Electroquímica
Rango de medicion	CO 0.00 – 9.99 %
	HC 0 – 9999 ppm
	CO ₂ 0.0 – 20.0%
	O ₂ 0.0 – 25.00%
Tiempo de respuesta	Dentro de 10 s (Mas de 90%)
Tiempo calentamiento	Aprox 2-8 minutos
Cantidad muestra recogida	4-6 L/min
Cosumo	50w
Peso	6.9 kg

Tabla 7. Características analizador de gases

ELEVADOR DE TIJERA



Imagen 9. Elevador de tijera

El Megataller cuenta con 16 elevadores de tijera, uno por cada bahía de los técnicos, son elevadores hidráulicos, donde un motor eléctrico es el encargado de activar la bomba hidráulica para que esta haga fluir el aceite a presión en el circuito y su vez a los pistones.

Características :

Capacidad de elevación	3.5 Ton
Altura máxima de elevación	2.2 m
Tiempo de elevación	60 s
Tiempo de bajada	Regulado por valvula
Bloqueo mecánico de seguridad	Si
Material de acero alta resistencia	Si
Peso del elevador	900 kg

Tabla 8. Características elevador de tijera.

RECOLECTOR DE ACEITE



Imagen 10. Recolector de aceite

Es un equipo utilizado en el taller para almacenar el aceite que es retirado de los vehículos, el aceite es extraído del recolector usando una bomba de diafragma e inyectándolo al sistema que tiene la empresa para recolección de aceite, este sistema es una tubería que va directamente a un cuarto donde se tienen 2 tanques que recolectan el aceite.

Además de la bomba el equipo cuenta con una tolva para depositar el aceite, una válvula de presión de seguridad y el tanque donde se almacena el fluido.

Características:

Marca	Alemite
Diámetro embudo	16 pulgadas
Capacidad de almacenamiento	20 galones
Peso	37 kg
Material	Resistente al oxido y a la corrosión

Tabla 9. Características del recolector de aceite.

6.3 Programa 5s

Hay que resaltar que además de la metodología a implementar se estudiará y se revisará el estado actual del programa 5s para retomarlo, ya que este fue un programa por el cual ANDAR tuvo amplio reconocimiento, pero lamentablemente por diversas razones fue dejado a un lado hace algunos años. Este programa es importante para el éxito de las metodologías que se estudiarán con el fin de realizar un plan de acción en la compañía, ya que las 5s son un proceso que busca generar disciplina y constancia en las actividades del lugar de trabajo que complementa perfectamente cualquier metodología implementada en el mantenimiento, además, es necesaria para maximizar los resultados, ya que donde hay orden, limpieza y procesos de mejora continua el rendimiento y la productividad aumentan, las “5S” hacen referencia a:

Seleccionar: Separar en el sitio de trabajo las cosas que son necesarias de las que no lo son.

Situar en su sitio: Consiste en colocar en forma organizada lo que realmente se utiliza en el puesto de trabajo.

Suprimir suciedad: Significa desarrollar el hábito de observar y estar siempre pensando en el orden y la limpieza en el área de trabajo, los equipos y las herramientas que utilizamos.

Standardizar los procesos: Es definir y respetar el lugar asignado para cada cosa.

Seguir mejorando: Es formar un hábito de las actividades que conforman las 5S.



Figura 1. Esquema programa 5s

Tomado de: Metodología 5S - TCM Consultoría y Formación (tcmetrologia.com)

Alcance del programa

Este programa estará enfocado principalmente al área de mecánica del Megataller andar.

Responsabilidad

Liderar y coordinar las actividades relacionadas con el programa y reportar al gerente de servicios los resultados de las evaluaciones periódicas, así como los planes de acción que de estas resulten.

Descripción

Para un mejor desarrollo de las actividades de 5s se dividirá en dos áreas las zonas de trabajo (mecánica piso 1 y mecánica piso2), esto con el fin de facilitar la aplicación de

las actividades de verificación, así como también las actividades correctivas que se deben tomar en cada área.

La verificación de cada área se realizará una vez por semana, teniendo en cuenta aquellas áreas que son muy críticas respecto al orden y a la limpieza dada la naturaleza de las actividades que allí se realizan, por ejemplo, áreas de lubricación y cuarto de motores.

De cada verificación debe surgir un plan de acción, con actividades y responsables de cada inconformidad encontrada y la cual se debe mejorar, además, se mantendrá informado a todo el personal acerca del avance de las actividades del programa en cada área (ANDAR , 2013).

En el programa 5s la clave del éxito está en la responsabilidad y motivación del personal, por lo cual se gestionó un plan de incentivos por parte de la empresa para reconocer a las personas que cumplan a cabalidad con el programa, estos incentivos van desde un reconocimiento ante la empresa hasta un reconocimiento en la parte económica.

Implementación del programa 5S

Para implementar el programa 5s en la empresa andar, se realizó un análisis del estado en el cual se encontraba el programa, así como los lineamientos que la empresa tenía para retomar el programa, se encontró un programa que se dejó de implementar varios años atrás por diversos motivos, esta empresa recibió múltiples reconocimientos por la labor desempeñada en el desarrollo y ejecución de este

programa, por lo cual la idea de la gerencia de servicios es volverlo a implementar como una estrategia para mejorar la productividad de la mano con la implementación de una metodología de mantenimiento.

Para retomar el programa se recibió una capacitación por parte del área de calidad de la empresa, donde se mostraron las ventajas del programa y porqué se debe aplicar, así como la retroalimentación de lo que se hizo en el pasado para tener un panorama más claro de cómo se iba a retomar el programa, además, para la calificación y análisis de los resultados del taller se utilizó un formato que detalla cada una de las 5s, enfocándonos en la limpieza, orden, seguridad y una de las cosas más importantes para la empresa que es el cuidado de la propiedad del cliente (Ver anexo 1).

Estado en el cual se encontró el taller de mecánica

A continuación, se mostrarán una serie de imágenes que corresponden al estado en el cual se encontró el taller antes de empezar a implementar el programa de 5s.

Hallazgos antes de la implementación del programa



Imagen 11. Bahías del taller de mecánica antes de implementar el programa



Imagen 12. Carro de herramientas antes de implementar el programa 5s

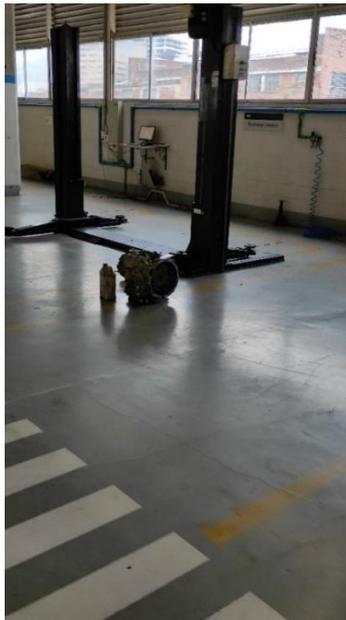


Imagen 13. Pasillos del taller de mecánica con repuestos en el piso.



Imagen 14. Cuarto de motores en pésimas condiciones de orden y aseo



Imagen 15. Cuarto de motores.

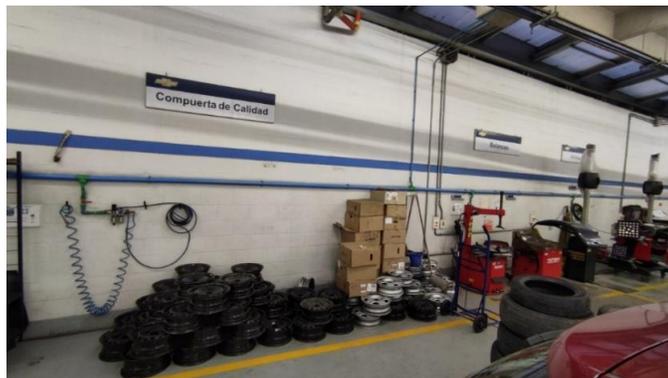


Imagen 16. Acumulación de llantas en el área de alineación.

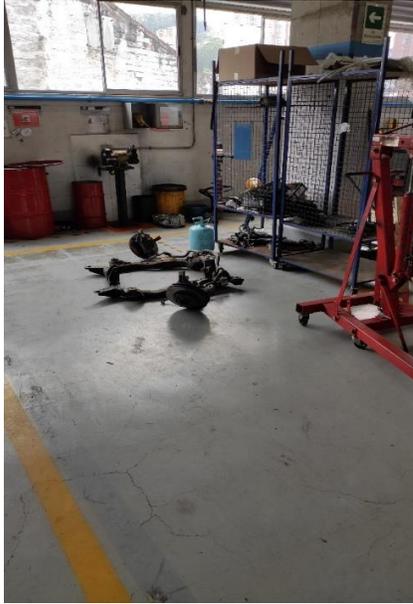


Imagen 17. Bahías de los técnicos con repuestos en el piso.



Imagen 18. Derrames en los pisos del taller que pueden ocasionar accidentes.

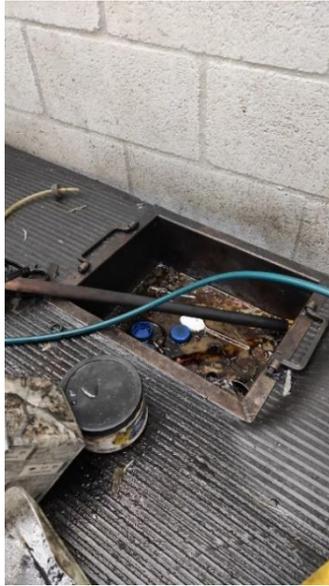


Imagen 19. Mesas de trabajo de los técnicos en pésimas condiciones de aseo

Después de la implementación del programa



Imagen 20. Bahías del taller de mecánica después de implementar el programa.



Imagen 21. Carros de herramientas después de implementar el programa 5s.

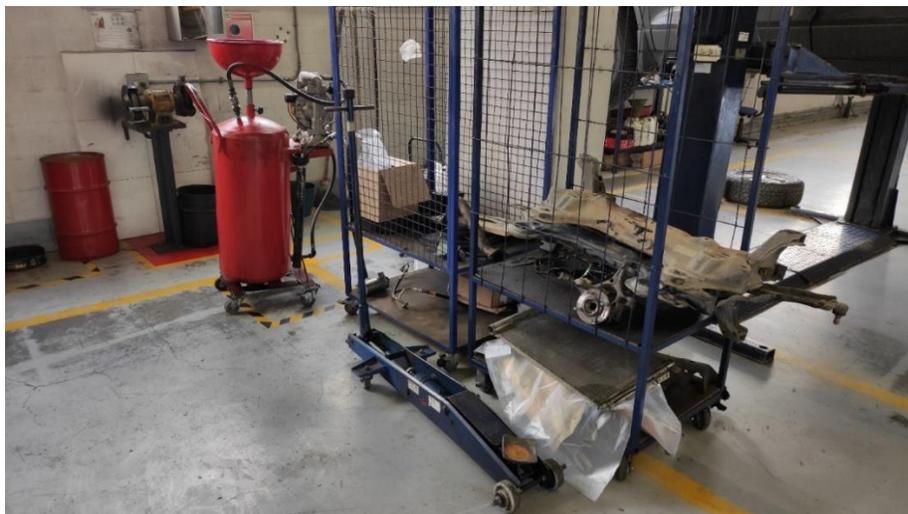


Imagen 22. Bahías de los técnicos después de implementar el programa, sin repuestos en el piso.



Imagen 23. Bahías de los técnicos en óptimas condiciones de aseo.

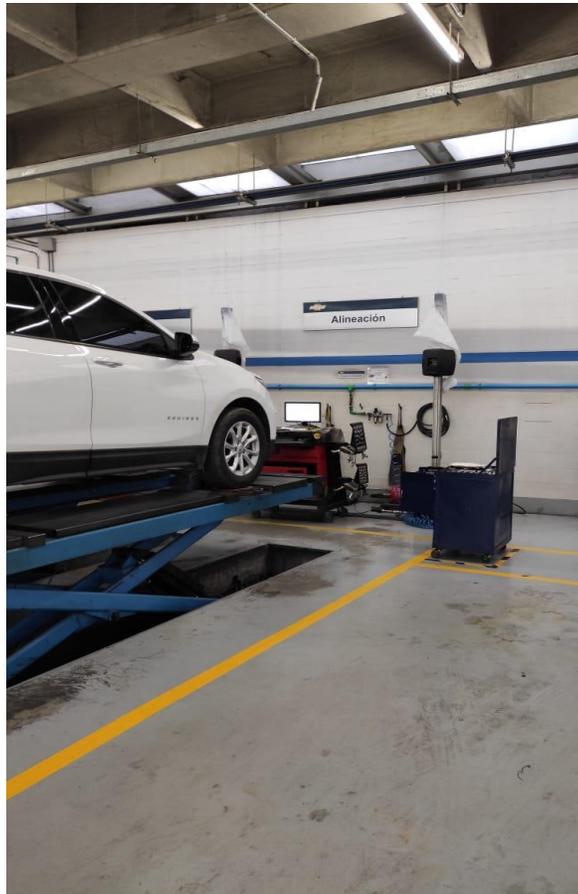


Imagen 24. Área de alineación después de implementar el programa.

6.4 RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad) Reliability Centered Maintenance

Es un procedimiento sistemático y estructurado, consiste en analizar funciones, ver las posibles fallas, evaluar las causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias, para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos para la operación (Mora, 2009).

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga. John Moubray definió el RCM como un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su producción normal actual.

La filosofía del RCM se fundamenta en:

- Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y su función.
- Identificación de los componentes críticos.
- Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos, mediante revisión y análisis permanentes.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional (Mora, 2009).

Los objetivos del RCM son los siguientes:

- Eliminar las averías de las máquinas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, con base en el compromiso, por parte de los responsables del mantenimiento, en la eliminación de fallas de máquinas.
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- Permitir a los departamentos de producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada, a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

El RCM es una metodología que utiliza 7 preguntas para su adecuada aplicación, a continuación, se detallan las preguntas en la Figura 2.

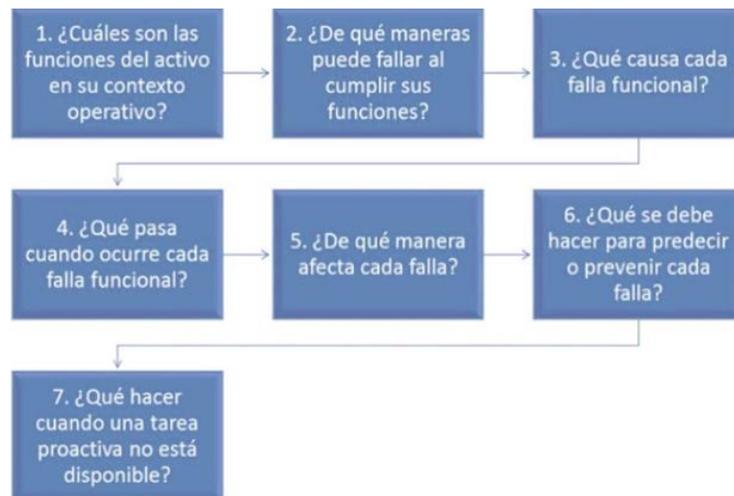


Figura 2. Proceso del RCM

Tomado de: Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos (redalyc.org)

El RCM tiene numerosas ventajas en cuanto al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria; a continuación, se mencionan las más importantes:

- Crea un espíritu altamente crítico en todo el personal frente a condiciones de falla y averías.
- Logra importantes reducciones del costo del mantenimiento.
- Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad y/o mejora la mantenibilidad de las plantas y sus activos.
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- Fomenta el trabajo en grupo, lo cual se convierte en rutinario.
- Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental.
- Optimiza la aplicación de las actividades de mantenimiento, tomando en cuenta la criticidad y la importancia de los activos dentro del contexto operacional.

- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- Aumenta el conocimiento del personal tanto de operaciones como de mantenimiento, con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- Involucra a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta).
- Facilita el proceso de normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro (Moubray, 2004).

Las limitaciones del RCM radican más que todo en el factor humano con que cuenta la organización, ya que de éste depende el éxito de la metodología. En este punto el equipo natural de trabajo juega un papel muy importante, debido a que será el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de modo que las personas involucradas con el RCM no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas (Mora, 2009).

La norma SAE JA1011 establece los criterios mínimos que debe cumplir una metodología para que pueda definirse como RCM; especifica que cualquier proceso de RCM debe asegurarse de responder satisfactoriamente en secuencia las preguntas que se muestran en la Figura 1. (Omar Campos-López, 2019)

6.5 TPM (Mantenimiento productivo total) Total Productive Maintenance

Las industrias japonesas, después de la Segunda Guerra Mundial, determinan que para competir eficazmente en el mercado internacional deben mejorar la calidad de sus productos. De esta forma se importan del continente americano técnicas de manufactura y de administración, las cuales adaptan rápidamente a sus sistemas industriales.

Entre los conceptos importados se encuentra el mantenimiento preventivo, al que posteriormente le incorporan otros conceptos, como mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, ingeniería de confiabilidad, etc. Con lo cual modifican en forma radical el ambiente industrial japonés para conformar lo que se conoce como TPM (mantenimiento productivo total), algunas veces definido como mantenimiento productivo implementado por todos los empleados, basado en que la mejora del equipo debe involucrar a todos los funcionarios de la organización, desde los operadores hasta los empleados de la alta dirección (Mora, 2009).

La introducción del TPM en la fábrica debe contar con el apoyo de la alta dirección para incorporarlo en las políticas básicas de la compañía, y concretar metas, tales como incrementar el período de uso del equipo a más del 80%, reducir las fallas en al menos un 50%, entre otros.

Una vez que se establecen las metas, cada empleado debe entender, identificar y desarrollar las actividades de pequeños grupos en el lugar de trabajo, que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

En TPM los grupos pequeños establecen sus propios alcances basados en las metas globales. La calidad es un aspecto fundamental y muy ligado al TPM (Mora, 2009).

La implementación de un programa de TPM se puede lograr en intervalos de tiempo que van desde uno hasta tres años. Para eso requiere un plan marco que sirve como plan de trabajo en el desarrollo de las actividades que se pueda dividir en etapas, de tal manera que los pequeños grupos adecuen sus funciones en cada nivel.

Los pasos específicos para desarrollar el programa de TPM deben ser desarrollados por cada compañía, es decir, ajustados a sus propios requerimientos. Hay cinco metas interdependientes que representan los mínimos requerimientos para desarrollar el programa TPM:

- Mejora en la eficacia del equipo.
- Mantenimiento autónomo por los operadores.
- Un plan de mantenimiento administrado por el departamento de mantenimiento.
- Entrenamiento para mejorar las destrezas y operaciones de mantenimiento.
- Un programa de administración del equipo para prevenir problemas que ocurran durante nuevas instalaciones o arranque de máquinas.

La metodología está basada en 8 pilares que se explicaran a continuación:

1. Mejoras enfocadas: Grupos de trabajo interdisciplinarios, con conocimientos en técnicas para la mejora continua de los procesos.
2. Mantenimiento autónomo: Está enfocado al operario ya que es el que más interactúa con el equipo, propone alargar la vida útil de la máquina.

3. Mantenimiento planeado: Su principal eje de acción es el entender la situación que se está presentando en el proceso o en la máquina teniendo en cuenta un equilibrio costo-beneficio.
4. Mantenimiento de la calidad: enfatizado básicamente a las normas de calidad que se rigen.
5. Prevención del mantenimiento: Basado en la gestión temprana de los equipos para garantizar que sus características sean las apropiadas para facilitar su mantenimiento durante su vida productiva.
6. Mantenimiento áreas de soporte: Busca el apoyo necesario para las actividades de TPM, asegurando la eficiencia y la implicación global de la compañía.
7. Entrenamiento: Correcta instrucción de los empleados relacionada con los procesos en los que trabaja cada uno.
8. Seguridad y medio ambiente: Trata las políticas medioambientales y de seguridad regidas por el gobierno.

La táctica se implementa en intervalos de tiempo que van desde uno hasta tres años, pero requiere de un plan de trabajo de desarrollo de actividades, que permite la división en etapas, de tal manera que los pequeños grupos adecuen sus funciones en cada nivel.

Los pasos específicos para desarrollar el programa de *TPM* se desarrollan individualmente por cada compañía, es decir, se ajustan a los requerimientos que establezcan la compañía.

Los pasos básicos para la implementación de la táctica comprenden cuatro fases y 12

etapas en su totalidad, estos son:

Fase 1. Introducción preparación. (Etapas de 1-5)

- **Etapa 1:** Declaración de introducción del TPM. En esta etapa la alta gerencia de la compañía hace público y proclama su decisión de iniciar un proceso de aplicación de la metodología TPM.
- **Etapa 2:** Campaña de educación En TPM. Se da el entrenamiento al personal que va a realizar el apoyo logístico y se realizan las acciones de divulgación a todos los empleados de la compañía del inicio del proceso.
- **Etapa 3:** Formación de comités y equipos TPM. Se forman los comités para la realización de la promoción del TPM y se establecen vínculos con otros departamentos de la compañía.
- **Etapa 4:** Fijación de principios y metas. Se realizan comparaciones con otras empresas respecto a las metas y se muestran los logros que se deben alcanzar al final del proceso.
- **Etapa 5:** Preparación de un plan maestro. El plan contempla la preparación, la evaluación de las metas intermedias y la evaluación de los objetivos a lograr al final de la implantación de cada uno de los pilares de la metodología.

Fase 2. Inicio de introducción

- **Etapa 6:** Inauguración del TPM. Es una ceremonia donde participan todos los miembros de la compañía, filiales, proveedores y otros. La dirección de la compañía declara formalmente el inicio de la implementación de la metodología.

Fase 3. Ejecución.

- **Etapa 7.** Establecer un sistema de alto rendimiento enfocado a la producción.

Se inicia la implementación de los 4 pilares básicos:

1. Aumentar la eficiencia en los procesos y equipos.
 2. Mantenimiento autónomo.
 3. Mantenimiento programado.
 4. Capacitación en la operación y mantenimiento de equipos.
- **Etapa 8.** Establecer un sistema de administración para la incorporación de nuevos equipos, productos o elementos al sistema TPM.
 - **Etapa 9.** Establecer un sistema de aseguramiento de la calidad.
 - **Etapa 10.** Establecer un proceso para mejorar la eficiencia en las áreas de administración y supervisión.
 - **Etapa 11.** Establecer un sistema de la seguridad y la higiene (ISO 18000) y del medio ambiente (ISO 14000).

Fase 4. Estabilización.

- **Etapa 12.** Implementación completa del TPM en el logro de las metas propuestas, búsqueda del premio TPM y planteamiento de nuevos objetivos, monitoreo total del plan y aplicación del TPM (Mora, 2009).

Desventajas del TPM

EL TPM presenta algunas limitaciones cuando se trata de equipos de alta tecnología o cuando se entra a analizar con profundidad en el campo de la confiabilidad donde se recomienda su implementación en forma combinada con el RCM.

El TPM es una táctica con un perfil humano, favoreciendo la relación entre el recurso humano en producción y en mantenimiento. Además, esta táctica utiliza acciones correctivas, modificativas y preventivas en la mayoría de las intervenciones, ocasionalmente se utilizan acciones predictivas (Mora, 2009).}

6.6 PMO (Optimización del mantenimiento planeado) Planead Maintenance

Optimization

El sistema PMO (*Optimización del Mantenimiento Planeado*), es un método diseñado para revisar los requerimientos actuales de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del *Ciclo Reactivo del Mantenimiento* que se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Ciclo reactivo del mantenimiento

Tomado de: Turner 2002

La PMO comienza analizando el programa existente de mantenimiento en la empresa, trabajando con equipos funcionales de toda la planta, identificando aquellos elementos del programa actual que son útiles y los que son inadecuados. El equipo establece las fallas críticas y sus causas dentro del historial de fallas, y determina cuales se pueden prevenir con actividades de Mantenimiento Proactivo.

Luego de realizar los Análisis de Confiabilidad, el equipo puede escoger el método de mantenimiento más eficaz, de acuerdo con las necesidades y los demás factores de normativa y seguridad ambiental de la organización. El sistema PMO se basa en la experiencia y el conocimiento técnico del personal de planta. Esto crea un alto grado de sentido de pertenencia y responsabilidad del Talento Humano, para hacer eficientemente el trabajo de mantenimiento.

El diagrama de decisiones del RCM comúnmente se aplica al análisis de los equipos, esto es de suma importancia cuando se tiene una base de datos de los principales modos de fallas que ocurren en la planta, incluso los que estén relacionados con las funciones que no son importantes, o los que no tienen relación con el mantenimiento preventivo directo. El sistema PMO reconoce la importancia de las funciones del activo, pero un análisis funcional detallado no es crítico para un buen resultado.

El proceso de Optimización del Mantenimiento Planeado facilita el diseño de un marco de trabajo racional y rentable, cuando se tiene un sistema Preventivo consolidado y la planta cuenta con sus registros de control. Esto implica una buena experiencia en hacer mantenimiento planeado. A partir de ahí, se pueden alcanzar grandes mejoras

con la adecuada asignación de recursos; y el personal de mantenimiento puede enfocar sus capacidades en los problemas mayores de diseño, operación y mantenimiento de la planta (García, 2007).

Ventajas del Sistema PMO

El sistema PMO es fundamental para implementar efectivamente la Ingeniería de la Confiabilidad, y para la adecuada eliminación de defectos de los activos fijos, teniendo en cuenta que:

- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta.
- Se logra un efectivo uso de los recursos.
- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento.
- El sistema se adapta a las situaciones y los objetivos específicos de cada cliente.
- La optimización del PM motiva al personal.

Cuando se presenta una falla o un grupo de ellas, se puede llevar un registro estadístico que permite extrapolar las posibilidades de las causas y su origen. Con este tipo de control, se puede identificar las posibles fallas repetitivas que presentan los equipos y al mismo tiempo prever los cambios en los activos fijos, con nuevas actividades de Mantenimiento Preventivo, o cuando se hacen modificaciones importantes en los sistemas.

Mientras que el sistema PMO utiliza el historial de fallas existente como una entrada en la revisión de las actividades del PM, reconoce que, en la gran mayoría de las

empresas, la información contenida en sistemas CMMS, tiende a ser inexacta e incompleta, y busca corregirla. La fuerza fundamental de un programa de PMO es que todas las acciones de mantenimiento tienen valor agregado, y que el sistema motiva mejoras en muchos otros aspectos del manejo de los activos físicos de la empresa, aparte de los análisis básicos de mantenimiento.

El Análisis de Confiabilidad con base en el historial de fallas de los equipos, permite determinar el comportamiento real durante su vida útil, con el fin de:

- Diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar en el futuro.
- Determinar las frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo.
- Eliminar fallas y paradas imprevistas.
- Optimizar el uso los recursos físicos y del Talento Humano.
- Calcular intervalos óptimos de sustitución económica de equipos.
- Minimizar los costos totales del departamento.
- Incrementar la Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Efectividad Global de los equipos.

Los Índices de Confiabilidad ayudan a la gerencia y al personal de planta a entender las exigencias del negocio, a medir el desempeño real de los equipos e identificar las oportunidades de mejora (García, 2007).

Implementación del PMO

Los nueve pasos para la implementación del PMO adaptados de la recomendación de Steve Turner para el PMO2000TM, son los siguientes:

Paso 1: Establecimiento de las funciones y tareas.

Paso 2: Análisis de los Modos de Falla.

Paso 3: Racionalización y revisión de los procedimientos.

Paso 4: Análisis Funcional basado en Confiabilidad.

Paso 5: Evaluación de las consecuencias.

Paso 6: Determinación de las políticas de mantenimiento.

Paso 7: Agrupación y revisión de los procesos funcionales.

Paso 8: Aprobación e Implementación de los programas.

Paso 9: Programa de Vida y de Mejoramiento Continuo.

Teniendo en cuenta que la selección de un proceso de mantenimiento debe ser mejor que el efecto de no establecerlo, es decir, que el costo de mantener un equipo es menor que el costo de dejarlo en funcionamiento y que falle, el proceso inicial para una buena optimización del mantenimiento debe ser recolectar una lista de todas las tareas formales e informales del mantenimiento, hechas por todos los implicados en el funcionamiento y manutención del equipo.

El siguiente paso es definir los modos de falla para cada tarea que se intenta prevenir o detectar. Después se clasifican y filtran todos los modos de falla agregándolos en una lista, que debe incluir los que han sucedido en el pasado y no están recibiendo ningún PM, agregando cualquier modo de falla que se considere con probabilidad de suceder. Una vez que se enumeren todos los modos de falla y las pérdidas funcionales por cada falla, se considera que se está listo para implementar un programa de Análisis Estadístico de Confiabilidad. En el Análisis Funcional se determinan claramente las

funciones que se pierden con cada falla analizada en los pasos anteriores. Por lo general se justifica este análisis para equipos súper críticos o bastante complejos.

En el quinto paso, se analizan todos los modos de falla para determinar cuáles fallas están ocultas o son evidentes. Para las fallas evidentes se establecen sus riesgos o consecuencias operativas, para lo cual se recomienda aplicar la metodología de la Inspección Basada en Riesgos (RBI).

Con base en los resultados de los Análisis de Confiabilidad o de la aplicación de la metodología RCM, se establecen las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento, con lo cual se evidencian los siguientes puntos:

- Las actividades del programa actual que son rentables, y aquellas que no lo son.
- Las tareas más eficaces y menos costosas basadas en condición (CBM), más que en revisión y reparación.
- Las tareas sin ningún objetivo que deben ser quitadas del programa.
- Las tareas que serían más eficaces si se cambian sus frecuencias, o rutinas.
- Los datos que deben ser recolectados para predecir el ciclo de vida de los equipos.
- Las fallas que pueden ser eliminadas mediante Análisis Causa Raíz (RCA).

Una vez que el análisis de las políticas ha sido completado, el equipo establece el método más eficaz para gestionar el mantenimiento de los activos, los factores de producción y demás restricciones. En este paso (séptimo), las tareas son transferidas entre los técnicos de mantenimiento y la gente de operaciones para lograr aumentos en la eficiencia y en la productividad.

En el octavo paso, los resultados de los análisis y estudios previos son presentados a la alta dirección de la empresa para ser revisados, aprobados y recibir los comentarios adicionales. Después de la aprobación, el aspecto más importante es la correcta implementación. Esta es la etapa que consume mayor cantidad de tiempo y donde es más factible enfrentar dificultades.

A través de la implementación del sistema PMO se establecen estrategias de trabajo de PM eficiente, seguro y económico. En el Proyecto de Vida, el programa de PM se consolida y se logra el control de la planta mediante la revisión permanente de los índices de gestión. Todo lo anterior se basa en el reemplazo de las actividades de Mantenimiento Reactivo por Mantenimiento Proactivo.

La intención del sistema PMO es crear una organización de mantenimiento que procure mejorar sus métodos con una continua apreciación de cada tarea que emprende y de cada falla imprevista que ocurra. Para alcanzar esto se requiere de un programa dónde la mano de obra esté adecuadamente entrenada en técnicas de análisis y sea motivada a cambiar sus prácticas comunes para mejorar su propia satisfacción del trabajo y reducir los costos (García, 2007).

7. ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Equipo de trabajo

En la evaluación participó el equipo del taller de mecánica que está compuesto como se muestra en la figura 6, de mayor a menor rango, equipo liderado por el gerente de postventa, dos coordinadores encargados de controlar todo el proceso del taller, el equipo administrativo encargado de tramitar y procesar todo lo que se hace en el taller

y por último los técnicos que se encargan de asesorar los clientes, además de realizar las labores de diagnóstico y reparación de los vehículos que entran al taller.



Figura 4. Organigrama taller mecánica.

La propuesta es hacer una evaluación que permita no bajo conceptos cualitativos sino cuantitativos permita seleccionar una de ellas comparando las metodologías y calificando con el fin de valorar con que se cuenta la empresa en cada una de las metodologías, es decir, qué se tiene implementado de manera parcial, total o aún no se tiene para observar donde se tiene mayor ventaja y cultura.

Se evalúan tres aspectos fundamentales (Orrego, Planeación del Mantenimiento):

1. Políticas existentes para la implementación de las metodologías
2. Madurez o desarrollo de pasos para la implementación de cada metodología
3. Aplicación de conceptos de la metodología (Pasos)

Las políticas, siendo las guías para todos los integrantes de la empresa permiten saber qué hacer en cada momento ante diferentes situaciones, por lo que debe alinearse la metodología a ellas. Las empresas deben darnos para esta actividad sus necesidades y expectativas.

Para su valoración proponen los siguientes aspectos y valores cuantitativos de su madurez relacionados con el mantenimiento, que son importantes para muchas empresas:

- Éxito; entendido como la probabilidad de aplicar o no la metodología.
- Confiabilidad; tratamiento y necesidad de que los activos operen sin fallas durante un período de tiempo.
- Disponibilidad; capacidad de realización de la actividad por parte del activo durante el período de tiempo genera beneficios para la empresa
- Costos y gastos; asociado a las erogaciones que han de aplicarse en el seguimiento de una metodología.
- Competencias del personal; competencias actuales dentro de la plantilla del personal implicado en el proceso.
- Beneficios; entendidos como la promesa de beneficios tangibles debidas a la implementación y aplicación de la metodología (Orrego, Planeación del Mantenimiento).

A continuación, se muestra la tabla con la cual se evaluarán las políticas existentes en la empresa:

Aspecto	Nivel de evaluación	Calificación
Éxito	Alto: que se implemente totalmente.	5
	Medio: que se implemente parcialmente.	3
	Bajo: que no se implemente.	0
Confiabilidad	Alto: al implementar la metodología la confiabilidad mejora en todos los sistemas y equipos.	5
	Medio: al implementar la metodología la confiabilidad se mejora en dos tercios de los sistemas y equipos.	3
	Bajo: al implementar la metodología la confiabilidad se mejora en un tercio de los sistemas y equipos.	0
Disponibilidad	Alto: si al implementar la metodología la disponibilidad de los sistemas y equipos alcanza el nivel requerido.	5
	Medio: si al implementar la metodología la disponibilidad de los sistemas y equipos alcanza el 80% nivel requerido.	3
	Bajo: si al implementar la metodología la disponibilidad de los sistemas y equipos NO alcanza el 80% del nivel requerido.	0
Costos y gastos	Alto: si están entre el 1% y el 5% de los costos de mantenimiento anual.	5
	Medio: si están entre el 6% y el 8 % de los costos de mantenimiento anual.	3
Competencias del personal	Bajo: si son superiores al 8% de los costos de mantenimiento anual	0
	Alto: si todas las personas son calificadas.	5
	Medio: Si al menos el 80 % de las personas son calificadas	3
Beneficios	Bajo: si entre el 1% y el 79% son personas calificadas.	0
	Alto: si en el momento de iniciar se ven mejoras en el ROA y el EBITDA.	5
	Medio: si los resultados en el ROA y el EBITDA se ven al final de la implementación	3
	Bajo: si los resultados en el ROA y el EBITDA se ven un período posterior a la implementación	0

Tabla 10. Políticas existentes para la implementación de las metodologías.

Para la madurez o desarrollo del sistema se realiza un procedimiento similar, evaluando y calificando el avance en cada uno de los pasos de las 3 metodologías, La calificación se propone dando un valor cuantitativo bajo el siguiente criterio (Orrego, Planeación del Mantenimiento):

NO SE TIENE = 0

PARCIALMENTE = 3

SE TIENE = 5

Para el TPM se evalúan los 8 pilares como se muestra en la *tabla 11*.

Evaluación de Madurez para el TPM.				
Pilar	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante n	Total
Mejoras enfocadas				
Mantenimiento autónomo				
Mantenimiento planeado				
Mantenimiento de la calidad				
Prevención del mantenimiento				
Mantenimiento áreas de soporte				
Capacitación y entrenamiento				
Seguridad y medioambiente				
Total				

Tabla 11. Evaluación de madurez para el TPM.

Para evaluar la madurez del RCM y del PMO se realiza algo similar basados en los pasos de cada metodología como se puede observar en la tabla 12 y en la tabla 13.

Evaluación de Madurez para el RCM.				
Pregunta	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante n	Total
Definición de funciones				
Fallas Funcionales				
Modos de falla				
Efectos de falla				
Consecuencias de falla				
¿Qué se puede hacer para prevenir la falla?				
¿Qué sucede si no puede prevenir la falla?				
Árbol lógico de decisión				
				Total

Tabla 12. Evaluación de madurez para el RCM.

Evaluación de Madurez para el PMO.				
Pregunta	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante n	Total
Recopilación de tareas				
Análisis de modos de falla				
Funciones				
Efectos de falla				
Consecuencias de falla				
Tareas proactivas y su intervalo				
				Total

Tabla 13. Evaluación de madurez para el PMO.

Finalmente, se evalúa cual es el avance en la aplicación de conceptos de cada una de las metodologías, se tiene la misma calificación anterior, es decir:

NO SE TIENE = 0

PARCIALMENTE = 3

SE TIENE = 5

Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el TPM.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante n	Total
Declaración de introducción - Campaña de educación				
Formación de comités y equipos TPM				
Fijación de principios y metas				
Preparación de un plan maestro				
Inauguración de TPM				
Establecer un sistema de alto desempeño enfocado a la producción				
Establecer un sistema de administración para la incorporación de nuevos equipos, productos o elementos al sistema TPM				
Establecer un proceso para mejorar la la eficiencia en las áreas de administración y supervisión				
Establecer un sistema de la seguridad e higiene y del medio ambiente				
Implementación completa de TPM en logro de las metas propuestas y replantear nuevos objetivos- monitoreo total del plan y aplicación del TPM				
Total				

Tabla 14. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el TPM.

Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el RCM.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante n	Total
Formación del equipo de trabajo				
Selección y definición de las áreas y equipos restricción donde se implementará el RCM				
Definición de criticidad y selección de los sistemas críticos, estableciendo sus funciones				
Análisis de las fallas funcionales reales o potenciales para cada función				
Identificación de modos y los efectos de las fallas				
Selección de las estrategias y procedimiento de mantenimiento				
Asignar estrategia y los recursos adecuados para el plan general de priorización				
Revisión, monitoreo y ajuste periódico				
Total				

Tabla 15. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el RCM.

Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el PMO.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante n	Total
Formación del equipo de trabajo				
Recoger o documentar el programa de mantenimiento vigente (formal o informal)				
Preparar la historia de fallas y los datos sobre la disponibilidad				
Clarificación de los límites del sistema y el contexto operativo				
Elaborar una lista de los modos de falla que están siendo atacados por el plan de mantenimiento				
Agrupar o clasificar los modos de falla de cada componente para que la duplicación de tareas puede ser fácilmente identificada y eliminada				
Análisis Funcional - Las funciones perdidas por cada modo de falla				
Evaluación de las consecuencias				
Determinación Política de mantenimiento, desde la perspectiva de la reducción de los riesgos a un nivel tolerable o desde la perspectiva de la economía				
Revisión y Agrupación				
Aprobación e Implementación				
Revisión, monitoreo y ajuste periódico				
monitoreo y ajuste periódico				
				Total

Tabla 16. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el PMO.

Para la comparación de cada una de las metodologías se toma los valores totales de cada una de las calificaciones por metodología y se totalizan nuevamente, siendo la que mayor puntaje obtenga aquella que vale la pena ser seleccionada por la empresa y se registra en la tabla 17.

Resultados para elección de metodología.			
	TPM	RCM	PMO
POLÍTICAS			
MADUREZ			
PASOS			
TOTAL			

Tabla 17. Resultados para elección de metodología.

7.1 Evaluación de los aspectos propuestos para la selección de la metodología

A continuación, se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas en la compañía para los tres aspectos propuestos (Políticas, Madurez o desarrollo de los pasos y Aplicación de conceptos de la metodología) para cada una de las metodologías

Evaluación de políticas

Evaluación de políticas de empresa TMP.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Éxito	3	3	3	9
Confiabilidad	3	5	3	11
Disponibilidad	5	3	3	11
Costos y gastos	0	3	3	6
Competencias del personal	3	3	3	9
Beneficios	0	5	5	10
Total				56

Tabla 18. Evaluación de políticas de empresa TMP.

Evaluación de políticas de empresa RCM.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Éxito	3	3	3	9
Confiabilidad	3	3	3	9
Disponibilidad	5	5	3	13
Costos y gastos	3	3	3	9
Competencias del personal	3	5	3	11
Beneficios	3	5	0	8
Total				59

Tabla 19. Evaluación de políticas de empresa RCM.

Evaluación de políticas de empresa PMO.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Éxito	5	5	5	15
Confiabilidad	5	5	5	15
Disponibilidad	3	5	3	11
Costos y gastos	3	0	3	6
Competencias del personal	3	0	3	6
Beneficios	3	5	3	11
Total				64

Tabla 20. Evaluación de políticas de empresa PMO.

Evaluación de madurez

Evaluación de Madurez para el TPM.				
Pilar	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Mejoras enfocadas	3	3	3	9
Mantenimiento autónomo	0	3	0	3
Mantenimiento planeado	3	3	3	9
Mantenimiento de la calidad	0	3	0	3
Prevención del mantenimiento	0	3	3	6
Mantenimiento áreas de soporte	0	3	0	3
Capacitación y entrenamiento	3	3	3	9
Seguridad y Medioambiente	3	3	5	11
Total				53

Tabla 21. Evaluación de Madurez para el TPM.

Evaluación de Madurez para el RCM.				
Pregunta	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Definición de funciones	3	3	3	9
Fallas Funcionales	0	0	0	0
Modos de falla	0	0	0	0
Efectos de falla	0	0	0	0
Consecuencias de falla	0	0	0	0
¿Qué se puede hacer para prevenir la falla?	3	3	3	9
¿Qué sucede si no puede prevenir la falla?	0	3	0	3
Árbol lógico de decisión	0	0	0	0
Total				21

Tabla 22. Evaluación de Madurez para el RCM.

Evaluación de Madurez para el PMO.				
Pregunta	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Recopilación de tareas	5	3	5	13
Análisis de modos de falla	0	3	0	3
Funciones	0	0	0	0
Efectos de falla	3	3	3	9
Consecuencias de falla	0	0	0	0
Tareas proactivas y su intervalo	3	3	3	9
Total				34

Tabla 23. Evaluación de Madurez para el PMO.

Evaluación de la aplicación de conceptos de la metodología

Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el TPM.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Declaración de introducción - Campaña de educación	0	5	0	5
Formación de comités y equipos TPM	0	5	0	5
Fijación de principios y metas	3	3	3	9
Preparación de un plan maestro	0	0	3	3
Inauguración de TPM	0	5	0	5
Establecer un sistema de alto desempeño enfocado a la producción	0	0	0	0
Establecer un sistema de administración para la incorporación de nuevos equipos, productos o	3	3	3	9
Establecer un proceso para mejorar la la eficiencia en las areas de administración y supervisión	0	0	3	3
Establecer un sistema de la seguridad e higiene y del medioambiente	3	3	3	9
Implementación completa de TPM en logro de las metas propuestas y replantear nuevos objetivos- monitoreo total del plan y aplicación del TPM	0	3	0	3
Total				51

Tabla 24. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el TPM.

Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el RCM.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Formación del equipo de trabajo	0	0	3	3
Selección y definición de las áreas y equipos restricción donde se implementará el RCM	0	3	0	3
Definición de criticidad y selección de los sistemas críticos, estableciendo sus funciones	3	3	3	9
Análisis de las fallas funcionales reales o potenciales para cada función	0	0	0	0
Identificación de modos y los efectos de las fallas	0	0	0	0
Selección de las estrategias y procedimiento de mantenimiento	3	3	3	9
Implementación y evaluación del CMD (Confiabilidad, Mantenimiento, Disponibilidad) en cada caso	0	0	0	0
Asignar estrategia y los recursos adecuados para el plan general de priorización	3	0	3	6
Revisión, monitoreo y ajuste periódico	3	3	3	9
Total				39

Tabla 25. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el RCM.

Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el PMO.				
Aspecto	C. Participante 1	C. Participante 2	C. Participante 3	Total
Formación del equipo de trabajo	0	0	3	3
Recoger o documentar el programa de mantenimiento vigente (formal o informal)	0	0	0	0
Preparar la historia de fallas y los datos sobre la disponibilidad	5	3	5	13
Clarificación de los límites del sistema y el contexto operativo	3	3	5	11
Elaborar una lista de los modos de falla que están siendo atacados por el plan de mantenimiento	0	0	3	3
Agrupar o clasificar los modos de falla de cada componente para que la duplicación de tareas puede ser fácilmente identificada y eliminada	0	0	0	0
Análisis Funcional - Las funciones perdidas por cada modo de falla	0	0	0	0
Evaluación de las consecuencias	0	0	0	0
Determinación Política de mantenimiento, desde la perspectiva de la reducción de los riesgos a un nivel tolerable o desde la perspectiva de la economía	0	3	0	3
Revisión y Agrupación	5	3	5	13
Aprobación e Implementación	3	0	3	6
Revisión, monitoreo y ajuste periódico	3	0	3	6
monitoreo y ajuste periódico	5	3	5	13
Total				71

Tabla 26. Evaluación de avance en aplicación de Pasos para el PMO.

7.2 Resultados

Resultados para elección de metodología.			
	TPM	RCM	PMO
POLÍTICAS	56	59	64
MADUREZ	53	21	34
PASOS	51	39	71
TOTAL	160	119	169

Tabla 27. Resultados

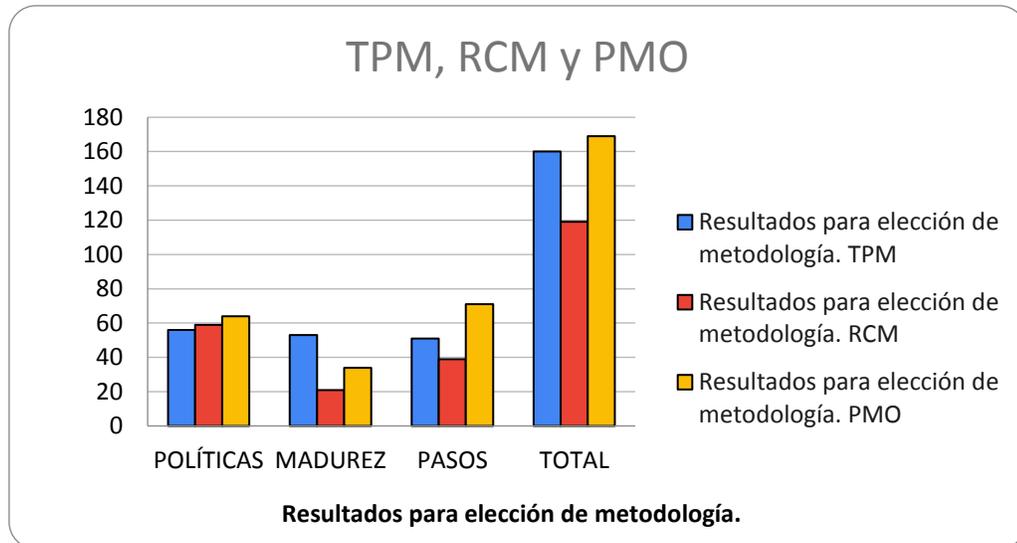


Figura 5. Diagrama de barras para los resultados.

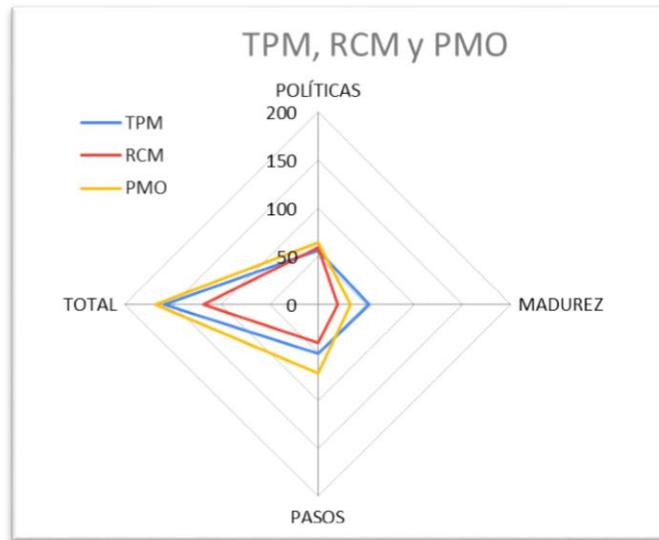


Figura 6. Diagrama radial resultados.

8. CONCLUSIONES

- Se obtuvo un nivel alto de conocimiento de la empresa, así como de los procesos más importantes y con los cuales se debía trabajar para obtener mejoras en la productividad, esto sirvió para analizar y soportar la selección de la metodología basados en la evaluación descrita a lo largo de este trabajo, la selección de esta metodología y su implementación será importante para ayudar a la empresa a reducir costos, minimizando las paras de los equipos y evitando que el mantenimiento correctivo sea algo recurrente como pasa actualmente.
- De acuerdo con el análisis hecho y a los resultados obtenidos comparando las metodologías TPM, RCM Y PMO, la metodología que se debe implementar y la que más se adecúa a la empresa ANDAR S.A es la Optimización del Mantenimiento

Planeado (PMO), ya que cuenta con un mayor avance en cuanto a la implementación en la empresa según la situación actual del taller en 2 de los 3 aspectos evaluados (Políticas y pasos), posibilitando que la metodología pueda implementarse en un menor tiempo y con una menor inversión.

- Con la implementación del PMO se tendrá en la empresa un plan completo de mantenimiento para los equipos, determinando cuáles son sus funciones y necesidades, teniendo claro de qué manera pueden fallar y como se pueden prevenir estas fallas, además, saber cómo actuar ante una posible falla de estos y aumentando la disponibilidad a una cifra superior al 80%.
- La idea es que se empiecen a ver resultados en un periodo posterior (6 meses) a la implementación de la metodología, se espera que los costos de la implementación estén entre el 6 y el 8% de los costos del mantenimiento anual, además, se espera que esta implementación impacte en los resultados del EBITDA y el ROA al final de este periodo.
- Se reestructuró e implementó el programa 5s en el taller de mecánica del megataller andar, logrando obtener un nivel de orden y aseo adecuado para las labores que allí se realizan, esto impacta directamente en productividad de las personas involucradas en el proceso, reduciendo los tiempos de búsqueda de herramientas y otras labores innecesarias hasta en un 30%, con la puesta en marcha del programa ya se tiene una base para facilitar la implementación de la metodología PMO, es importante mantener y reforzar las 5s en el tiempo, ya que el orden y el aseo son fundamentales en cualquier empresa que quiere mejorar su productividad.

9. BIBLIOGRAFIA

ANDAR . (2013). *ANDAR INTRANET*.

García, O. (2007). El Sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento. *Conferencia Latinoamericana de Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad Operacional*, (págs. 1-17). Santiago de Chile.

Mora, A. (2009). *Mantenimiento planeación, ejecución y control*. Mexico: Alfaomega.

Moubray, J. (2004). *RCM Reliably Centered Maintenance*. Leicestershire: Industrial Press Inc.

Omar Campos-López, G. T.-E.-V. (2019). *Redalyc*. Obtenido de

[https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=Introducci%C3%B3n-El%20mantenimiento%20centrado%20en%20confiabilidad%20\(RCM%20por%20sus%20siglas%20en,de%20fallas%2C%20etc.\)](https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=Introducci%C3%B3n-El%20mantenimiento%20centrado%20en%20confiabilidad%20(RCM%20por%20sus%20siglas%20en,de%20fallas%2C%20etc.)).

Orrego, J. C. (junio de 2020). *Copiman AMGA*. Obtenido de <https://www.youtube.com/user/gtlubeman>

Orrego, J. C. (s.f.). *Planeación del Mantenimiento*. Medellín.

Redalyc. (2019). Obtenido de

[https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=Introducci%C3%B3n-El%20mantenimiento%20centrado%20en%20confiabilidad%20\(RCM%20por%20sus%20siglas%20en,de%20fallas%2C%20etc.\)](https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=Introducci%C3%B3n-El%20mantenimiento%20centrado%20en%20confiabilidad%20(RCM%20por%20sus%20siglas%20en,de%20fallas%2C%20etc.)).

10. Anexos

Anexo 1. Formato del programa 5s

PROGRAMA 5'S										ANDAR
FECHA	ÁREA	RESPONSABLE ÁREA							AUDITORES	
	MECÁNICA								Andres Ceballos	
Crterios de evaluaci3n: (5) Excelente (4) Bueno, con posibilidad de mejora (3) Aceptable, mucho por mejorar (2) Inaceptable (1) No aplica el programa										
5'S	#	ESTÁNDAR								PROMEDIO
SELECCIONAR	1	Existen productos, materiales y/o insumos innecesarios?								
	2	Existen equipos o herramientas innecesarias?								
	3	Ubica lo innecesario en un solo sitio?								
SITUAR EN SU LUGAR	1	El tecnico tiene repuestos nuevos o usados en el puesto de trabajo?								
	2	El tecnico tiene los repuestos del vehiculo que esta en proceso en un lugar adecuado?								#¡DIV/0!
SUPRIMIR SUCIEDAD	1	El puesto de trabajo del tecnico se encuentra en condiciones aptas de orden y aseo (sin derrames de ningun tipo)								
	2	El carro de herramientas y el banco de trabajo se encuentran en condiciones de orden y aseo?								#¡DIV/0!
	3	Usa el técnico el uniforme que corresponde al día, está limpio (en el caso de mecánica debe contar con la identificación)								
STANDARIZAR	1	Los vehículos tienen los protectores durante todo el proceso?								
	2	El vehiculo fue bien ubicado dentro de la zona demarcada.								
	3	Los recipientes de los productos químicos transvasados son los adecuados y estos cuentan con su debida etiqueta y tapa?.								#¡DIV/0!
	4	El técnico hace uso de los Elementos de Protección Personal (EPP) adecuados de acuerdo a la actividad que esta realizando? Gafas, guantes, protectores auditivos, tapa bocas, respiradores.								
SEGUIR MEJORANDO	1	El técnico hace uso de elementos distractores como radios, celulares, ipod o juegos que lo distraen afectando la calidad de su trabajo?								
	2	El técnico tiene compromiso con el programa?								#¡DIV/0!
	3	El técnico sigue las políticas establecidas por la empresa (no fumar, no comer en zonas de trabajo, etc)								
TOTAL			#¡DIV/0!	#¡DIV/0!						