

**Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo
Caso de estudio: Línea de Clavo Prensado Emcoclavos S.A.S.**

Ing. Liliana Alfonso

Ing. Cristian Bocanegra

Ing. Eduwin Salazar

Universidad ECCI

Dirección de posgrados

Especialización en gerencia de mantenimiento

Bogotá D.C.

2018

Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo

Caso de estudio: Línea de Clavo Prensado Emcoclavos S.A.S.

Ing. Liliana Alfonso

Ing. Cristian Bocanegra

Ing. Eduwin Salazar

**Proyecto de investigación para optar al título de Especialistas en Gerencia de
Mantenimiento**

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco

Esp. En Gerencia de Mantenimiento

Universidad ECCI

Dirección de posgrados

Especialización en gerencia de mantenimiento

Bogotá D.C.

2018

Contenido

Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo	
caso de estudio: Línea de Clavo Prensado Emcoclavos S.A.S.....2	
1	Título de la investigación..... 10
2	Problema de investigación..... 10
2.1	Descripción del problema..... 10
2.2	Planteamiento del problema..... 11
2.3	Sistematización del problema..... 11
3	Objetivos de la Investigación..... 12
3.1	Objetivo general..... 12
3.2	Objetivos específicos..... 12
4	Justificación y Delimitación..... 12
4.1	Justificación..... 12
4.2	Delimitación..... 14
4.3	Limitaciones..... 14
5	Marco conceptual..... 15
5.1	Estado del arte..... 15
5.1.1	Estado del arte nacional..... 15
5.1.2	Estado del arte internacional..... 20
5.1.3	Estado del arte local..... 25

5.2	Marco Teórico	30
5.2.1	Generalidades de mantenimiento	30
5.2.2	Tipos de mantenimiento	31
5.2.3	Aplicación de metodologías de Mantenimiento.	33
5.2.4	Plan de Mantenimiento.	42
5.2.5	Indicadores de efectividad en la gestión de mantenimiento.	42
5.2.6	Conceptos importantes	43
5.3	Marco normativo/legal	47
5.4	Marco Histórico	47
6	Marco metodológico	49
6.1	Recolección de la información	49
6.1.1	Tipo de investigación	51
6.1.2	Fuentes de obtención de la información	51
6.1.3	Herramientas Análisis DOFA	52
6.1.4	Metodología	52
6.1.5	Información recopilada	53
6.2	Análisis de la información	61
6.2.1	Análisis pérdidas	61
6.2.2	Análisis de averías	63
6.2.3	Análisis tiempo medio entre fallas (MTBF)	64

6.3	Propuesta(s) de solución.....	64
6.3.1	Paso 0: entrenarse y prepararse para la restauración.....	64
6.3.2	Paso 1: restaurar, inspeccionar y entender el equipo	68
6.3.3	Paso 2: Identificar el deterioro e implementar soluciones	73
6.3.4	Paso 3: Establecer los estándares de limpieza, inspección y lubricación. .	75
6.3.5	Paso 4: Entrenar a los operadores en la detección y corrección de anomalías.....	77
6.3.6	Paso 5: Aplicación práctica de los métodos.....	79
6.3.7	Paso 6: Estandarizar mantenimiento autónomo en toda la planta.....	80
6.3.8	Paso 7: Mejora continua del proceso.	82
6.3.9	Implementación 5S's.....	82
7	Impactos esperados/generados.....	86
7.1.1	Presupuesto	87
8	Análisis financiero	89
9	Conclusiones y recomendaciones	90
9.1	Conclusiones	91
9.2	Recomendaciones.....	92
10	Bibliografía	93

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de criticidad	34
Ecuación 2. Cálculo del OEE.....	43

Lista de Imágenes

Ilustración 1. Fases para implementar el TPM en una empresa	32
Ilustración 2. Diagrama de Flujo para la Implementación del TPM	41
Ilustración 3. Mapa de procesos tarjetas de control	41
Ilustración 4. Proceso ejecución de auditoría.....	73

Lista de gráficos

Gráfico 1. Pérdidas en planta Emcoclavos.....	58
Gráfico 2. Pérdidas por procesos en Planta Emcoclavos.....	58
Gráfico 3. Pérdidas en sección de prensas en Planta Emcoclavos.....	59
Gráfico 4. Averías en sección de prensa año 2018	55

Lista de Tablas

Tabla 1 Proceso de Implementación Mantenimiento Autonomo.....	32
Tabla 2. Normas y Leyes aplicadas a la investigación en curso.....	47
Tabla 3. Tipos de Investigación.....	50
Tabla 4. Flujo Mantenimiento Correctivo.....	55
Tabla 5. Flujo Mantenimiento Preventivo.....	56
Tabla 6. Tiempo Medio entre Fallas (MTTR).....	60
Tabla 7. Pérdidas por categorías.....	61

1 Título de la Investigación

Propuesta para la implementación de un Plan de Mantenimiento Autónomo caso de estudio: Línea de Clavo prensado Emcoclavos S.A.S.

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Actualmente existen diversos factores físicos y humanos que afectan tanto el desempeño como la disponibilidad de la maquinaria de producción en la empresa Emcoclavos S.A.S., existe un número significativo de paradas de máquina no planeadas (correctivos) que ocasionando baja productividad y algunos problemas de calidad en los productos. Esto es una desventaja frente a sus competidores y desencadena grandes pérdidas económicas para la compañía.

La organización cuenta con un sistema de mantenimiento programado bastante estructurado, el cual se ha ido implementando gradualmente a través de los últimos años, sin embargo, aún existen algunos vacíos y aspectos por mejorar; por ejemplo, la falta de rutinas de limpieza, inspección y lubricación que originan desajustes, tiempos perdidos y defectos de calidad que se pueden reducir si se detectan a tiempo.

El personal operativo es altamente experimentado, competitivo y maneja mucho lenguaje técnico. Realizan ajustes de calidad del producto y garantizan que cumpla con las especificaciones solicitadas, sin embargo, se presentan algunas paradas de máquina no programadas que afectan la eficiencia global de la planta. La mayoría de los equipos, repuestos y herramientas son diseñados y fabricados por la misma empresa. Las máquinas requieren algunos ajustes especiales para que trabajen eficazmente.

Los técnicos de mantenimiento ocupan mucho de su tiempo realizando actividades correctivas y no dedican un espacio al análisis de causa raíz de las averías y/o a realizar proyectos de mejora.

Por otro lado, la calidad del producto se ve en ocasiones afectada, incrementando el costo del clavo, retrasando otros procesos, ocasionando que se tengan máquinas paradas por falta de material y que el desperdicio se eleve. El personal operativo tiene bastante experiencia, sin embargo, muchas actividades no se realizan de forma estándar y sistemática, los tiempos de ajuste varían dependiendo de la experticia de operario. Por último, la presentación de la planta es buena, pero se puede mejorar e implementar algunas metodologías para mantener ordenado y agradable este sitio de trabajo.

2.2 Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta la descripción presentada en el numeral anterior se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cómo el Mantenimiento Autónomo ayudará a la empresa en la disminución de pérdidas asociadas a los procesos de producción?

2.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las principales pérdidas que afectan el proceso de producción de clavo prensado?
- ¿Cuál es la metodología más adecuada para reducir las pérdidas en la línea de producción de clavo prensado?
- ¿De qué manera se puede implementar un plan de mantenimiento autónomo en la empresa Emcoclavos S.A.S. en la línea de clavo prensado?

3 Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta para la implementación de un programa de mantenimiento Autónomo en la línea de clavo prensado en la empresa Emcoclavos S.A.S.

3.2 Objetivos específicos

- Analizar las principales pérdidas asociadas a los procesos de producción de clavo dentro de la empresa.
- Establecer cuál es la metodología más adecuada para reducir las pérdidas y mejorar los indicadores de eficiencia y disponibilidad de las máquinas en la línea de producción de clavo prensado.
- Diseñar una propuesta del mantenimiento autónomo con los pasos a seguir para la implementación e integración al modelo de operación de la organización.

4 Justificación y Delimitación

4.1 Justificación

La situación económica actual indica a muchas compañías la necesidad de realizar un cambio organizacional, invitándolas a revisar y replantear sus estrategias con el fin de ser más competitivas y poder sobrevivir en un mercado cada vez más difícil. Existen muchos factores internos y externos que obligan a las empresas a moverse en un mundo cambiante, la meta de cualquier organización es maximizar la rentabilidad del negocio, ya sea aumentando sus ingresos o reduciendo los costos.

La metodología TPM busca aumentar la eficiencia de los equipos, basándose en los objetivos: cero fallos, cero defectos y cero accidentes. Uno de sus pilares más importantes es el Mantenimiento Autónomo en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento, son transferidas a los operarios de producción. Las labores de limpieza, inspección, lubricación y pequeños ajustes buscan que el operario conozca su máquina y determine de manera temprana cuando tenga alguna anomalía. La empresa Emcoclavos S.A.S. busca implementar una estrategia donde se alcance la máxima eficacia en su sistema de producción.

La implementación de esta metodología traerá cambios culturales y actitudinales, transformando la estructura organizacional, desarrollando las áreas productivas y aumentando el nivel de utilización y la disponibilidad de los equipos, alargando su vida útil y reduciendo los costos, sin dejar a un lado el respeto por las condiciones de trabajo, la seguridad y el medio ambiente. Son diversas las razones por las que se debe gestionar la implementación del plan mantenimiento autónomo para evitar que se realicen intervenciones o reparaciones no programadas.

La empresa Emcoclavos S.A.S. en algunas líneas de producción realiza actividades en jornadas de 24 horas, es por esto que sus instalaciones y equipos deben ser confiables, garantizando el correcto funcionamiento de todo su proceso productivo, lo que significa que se deben realizar previsiones sobre la producción y que debe existir la manera de controlar que esto se cumpla.

El personal operativo se verá involucrado con esta filosofía y participará activamente mejorando la disponibilidad operacional y el rendimiento del sistema de manera global, aumentará sus conocimientos y habilidades técnicas y la planta se verá más organizada y

segura. Dentro de los principales resultados intangibles que se pueden obtener al implementar el mantenimiento autónomo están:

- Incrementa el conocimiento y habilidades de los asociados.
- Motivación y confianza en uno mismo más alta.
- Mano de obra más experta en general.
- Promueve el trabajo en equipo entre operarios y técnicos.
- Reduce la toma de decisiones reactiva.
- Mejora la capacidad de planeación de producción.
- Se crea una reserva de técnicos de mantenimiento potenciales para futuras promociones.

4.2 Delimitación

La presente investigación será desarrollada en la empresa Emcoclavos S.A.S., ubicada en la Cra 106^a #153^a-11 de la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá y estará enfocada en el análisis de la metodología TPM y en especial el pilar de mantenimiento autónomo como modelo de implementación, tomando como línea piloto la sección de clavo prensado.

El estudio se desarrollará en un periodo de dos años iniciando a partir del año 2019.

Limitaciones

- Financiero: Solo se cuenta con los recursos de los autores para realizar la investigación.
- Normativo: El grado de confidencialidad de la información que se debe guardar es alto para proteger la integridad y la información propia de la empresa.

5 Marco conceptual

5.1 Estado del arte

A continuación, Se realiza una revisión sistemática de bibliografías nacionales, internacionales y unas específicas de la Universidad ECCI que se enfocan en mantenimiento autónomo, TPM y gestión de activos.

5.1.1 Estado del arte nacional

- En el año 2009, el Ingeniero Industrial Ernesto Andrés López Arias de la Universidad Javeriana de la ciudad de Bogotá D.C, desarrolló el trabajo titulado “El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación”.

En el cual buscó una mejora continua en sus activos y una mejora en la eficiencia de la producción haciendo uso de la metodología de TPM (Mantenimiento Productivo Total) reduciendo las pérdidas y aumentando la productividad, también ayudando con la mejora de una mejor implementación en los objetivos estratégicos, operativos y organizativos. Todo esto se realizó con el fin de que el personal se familiarizara y se involucrara totalmente con los activos facilitando la implementación de este nuevo proceso, también establecieron capacitaciones y una formación idónea para que el desarrollo de dicha metodología sea más eficiente y fácil de instaurar en la organización, evitando errores repetitivos en otras áreas de la compañía puesto que la idea principal de este sistema es aprender de las experiencias de los demás y mejorar las situaciones similares que se lleguen a presentar.

La aplicación de este trabajo para la propuesta en Emcoclavos S.A.S., es capacitar de una forma eficiente y constante al personal que hace uso de los activos de la empresa, generando así una actualización de nuevos procesos, ya que el personal es una parte importante para el mantenimiento y la sostenibilidad de esta maquinaria. (Arias, 2009)

- En el año 2008, la Ingeniera Mecánica María Antonieta Gómez Gómez de la Universidad EAFIT de la ciudad de Medellín, desarrolló el trabajo titulado “Implementación de un plan de mantenimiento en una empresa del sector manufacturero”.

En el cual se implementó un plan en mantenimiento en la empresa Arquimuebles para así mejorar la confiabilidad en los equipos, mejorar la calidad, disminuir fallas, realizar presupuestos más exactos, etc., haciendo uso de las metodologías como TPM (Mantenimiento Productivo Total) utilizando todos los pilares como apoyo, teniendo en cuenta que se necesita una participación proactiva de todo el personal de la organización en pequeñas actividades y así obtener una mejora continua en todos los activos para que se pueda realizar el desarrollo de plan de mantenimiento y lograr el objetivo general, también se utilizó la metodología de RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) En este proceso se busca principalmente determinar los requerimientos más importantes de mantenimiento en su contexto operacional, se debe realizar un una exploración detallada de que elemento son los que están sujetos al proceso de revisión de RCM, todo esto con el fin de tener y poder realizar un buen control sobre el activo, mantenimiento estructurado , políticas de mantenimiento apropiadas y estandarizar y controlar la hoja de vida de todos los activos de la compañía.

De este trabajo se logra rescatar el uso de la metodología TPM los cuales se usarán en la implementación de la propuesta generada para la empresa Emcoclavos S.A.S. (Gómez Gómez , 2008)

- En el año 2009, los Ingenieros Industriales Gabriel Andrés Orozco Barragán y Francisco Alejandro Peláez Motta de la Universidad Javeriana de la ciudad Bogotá D.C, desarrollaron el trabajo titulado “Estudio y diseño del programa de implementación del pilar del mantenimiento autónomo, como una estrategia para aumentar la Eficiencia Global del Equipo (OEE), reduciendo las causas de las seis grandes pérdidas para la línea de producción especializada en el principal cliente de la empresa Systempack Ltda.”

En el cual implementaron el pilar de mantenimiento autónomo del TPM (Mantenimiento Productivo Total) sabiendo que con este se podía aumentar la eficiencia de la línea principal de producción de una empresa de en empaques plásticos y reducir seis pérdidas principales en esta línea de producción.

Como metodología principal utilizaron el mantenimiento autónomo encontrando que con la ayuda de los pasos de este pilar tan importante del TPM ya que se necesitan definir unos estándares para que se pueda desarrollar de la manera más eficiente como lo son: la limpieza inicial, la eliminación de fuentes de contaminación, fijar estándares de limpieza y lubricación, una inspección general del activo, inspección autónoma desarrollando una hoja de chequeo por parte del operario, organización y orden del lugar de trabajo y actividades para lograr cero defectos. Con el fin de que el indicador de producción OEE (Efectividad Global del Equipo) muestre el aumento de la efectividad del equipo en cierto tiempo programado de producción, también descubrir los puntos débiles de los

activos y realizar las modificaciones necesarias para realizar un mantenimiento de mayor accesibilidad y facilidad.

Las estrategias desarrolladas en este trabajo son demasiado significativas ya que explican de manera detallada los problemas principales que se quieren desarrollar en la propuesta que se realiza a la empresa Emcoclavos S.A.S. (Orozco Barragán & Pelaéz Motta, 2009)

En el año 2016, la Ingeniera de Producción Lisseth Camila Vargas Monroy de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la ciudad de Bogotá D.C, desarrolló el trabajo titulado “Implantación del pilar de mantenimiento autónomo en el centro de proceso vibrado de la empresa FINART S.A.S.S.”

En el cual se buscó corregir los daños en las maquinas centrifugas y vibradoras en la compañía para así mejorar la calidad y los tiempos de entrega teniendo en cuenta que la mayoría de las fallas se presentan por el desconocimiento del activo por parte del personal operativo, para poder llevar a cabo todo este sistema hicieron uso de la metodología de mantenimiento autónomo un pilar del TPM (Mantenimiento Productivo Total) con este pilar se puede mejorar y corregir las fallas que se vienen presentando ya que se enfoca en como el personal operativo puede hacer un trabajo autónomo en el activo optimizando la eficiencia y la disponibilidad de la máquina, optimizando su rendimiento y calidad.

Con el fin de que los operarios por sentido de pertenencia e iniciativa cuiden, mantengan y conserven los activos con un buen compromiso se llega a reducir las pérdidas por averías, reducir costos y mitigar riesgos con la falla en los activos.

El desarrollo de este trabajo ayuda a conocer más sobre el pilar de mantenimiento autónomo y el TPM, y así poder enfocarlo de una manera más clara a la propuesta realizada a la empresa Emcoclavos S.A.S. (Vargas Monroy, 2016)

En el año 2015, la Ingeniera Mecánica Diana Lorena Cardona Montoya de la Universidad EAFIT de la ciudad de Medellín, desarrolló el trabajo titulado “Estudio de casos de implantación de TPM en industrias ubicadas en el eje cafetero y Norte del Cauca - Colombia”

En el cual buscó maximizar el ciclo de vida útil de un activo a través de la efectividad en las compañías, con esta nueva implementación mejoraron las condiciones en las plantas de las compañías, los conocimientos y habilidades del personal operativo ayudando a que se presentaran menos paradas inesperadas y menos fallas. Teniendo en cuenta que la metodología de TPM (Mantenimiento Productivo Total) es un sistema que llevaba poco implementándose en las compañías de Colombia, pero gracias a los buenos resultados es importante aplicarla y ejecutarla.

Las compañías buscan la implementación del TPM con el fin de mejorar la calidad del producto, manejar unos costos que sea competitivos en el mercado, disminuir el tiempo de las entregas de los productos, eliminar retrasos operativos, aumentando la seguridad, ahorrando dinero con un personal operativo capacitado para evidenciar fallas mínimas en los equipos; luego de todo esto se evidenció en las compañías que se introdujo esta metodología los cambios de cómo se incrementó el rendimiento y el desarrollo personal en los procesos.

Se evidencia como la efectividad en las compañías mejora de una manera considerable al momento de la implementación de este pilar, este trabajo es de gran ayuda porque es a lo que se quiere llegar desarrollando esta propuesta en la empresa Emcoclavos S.A.S. (Cardona Montoya, 2015)

5.1.2 Estado del arte internacional

- En el año 2017, el Ingeniero Industrial Ángel Rolando Tarazona de la Universidad César Vallejo de la ciudad de Lima, desarrolló el trabajo titulado “Implementación del plan de mantenimiento autónomo, para mejorar la productividad en el área de embolsado de la empresa FIRAGA S.A.S.C”

En el cual buscaron mejorar la productividad a través de la eficiencia y la eficacia buscando estandarizar los procesos de producción de bolsas de empaquetado y el uso de la materia prima en el conjunto de máquinas a utilizar, todo esto mediante la metodología de mantenimiento autónomo del TPM (Mantenimiento Productivo Total) ya que con este sistema podemos integrar todos los activos de la compañía y a que el personal operativo se vea involucrado en la reducción de pérdidas en el proceso por medio de mantenimientos adecuados, la principal producción es esta organización es de pastas de fideo para consumo humano, descubrieron que el principal problema eran las paradas inesperadas que afectaban la producción y todo esto se debía a no tener un estándar que regularizara el funcionamiento ideal de los equipos que intervienen en la línea de producción más crítica, después del análisis de condiciones indicó que la falta de mantenimiento autónomo era la causa de que no se presentara un buen funcionamiento de los equipos, para la mejora en la línea de producción con la asistencia

de un personal capacitados en identificar las anomalías y así mismo aumentando la efectividad del equipo, mejorando también indicadores como MTTR y MTBF del área de mantenimiento.

Los Ingenieros en la ejecución de su trabajo, muestra cómo se puede implementar la estandarización de los procesos, para una mejor productividad y generar una eficiencia en la empresa Emcoclavos S.A.S. (Tarazona, 2017)

- En el año 2014, los Ingenieros Industriales Jesús Andrés Hernández Gómez, Salvador Noriega Morales, Lázaro Rico Pérez, Roberto Romero López y Luis Gonzalo Guillen Anaya de la Universidad de Carabobo de la ciudad de Carabobo, desarrollaron el artículo titulado “Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT: una revisión de literatura”.

En el cual buscaron identificar FCE (Factores Críticos de Éxito) relacionándolo al sistema de MPT (Mantenimiento Productivo Total), teniendo en cuenta los factores como la mejora continua, la competitividad con otras compañías, reduciendo quejas de clientes, reduciendo los niveles de inventario, incrementando la calidad del producto y mejorando los tiempos de entrega, todo esto con la intención de ayudar a las empresas con una explicación más amplia de los resultados operativos y financieros en estas teorías.

Como metodologías para este estudio utilizaron el Mantenimiento Productivo Total y la Manufactura Esbelta, con el fin de estudiar sus contenidos, desarrollos tecnológicos y determinar los FCE. Se evidencia en la manufactura esbelta para su aplicación se debe tener claro el sistema de MPT, también tener un enfoque científico apoyando los resultados de la teoría relacionada con los factores críticos, como resultados en el MPT

su planeación es compleja y se necesitan demasiados estudios para poder explicar de una manera más detallada y elocuente su sistema, aún hay muchos desacuerdos entre expertos que estudian esta metodología; cabe resaltar que la aplicación de esta metodología es muy efectiva en el desarrollo operacional.

La ejecución de este proyecto ayuda a determinar y a como se puede evidenciar los factores críticos, con relación al MPT, el cual se proyecta a la empresa Emcoclavos S.A.S., para establecer las medidas y los parámetros que se deben seguir para tener una eficacia a la hora de entrega de su producción. (Hernández Gómez , Noriega Morales , Rico Pérez, Romero López, & Guillen Anaya, 2014)

- En el año 2011, los Ingenieros Industriales Jorge Luis García Arcarás, Lázaro Rico Pérez y Jaime Romero Gonzáles de la Universidad Autónoma de la ciudad de Ciudad Juárez, desarrollaron el artículo titulado “Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total (TPM) en maquilas”

En el cual buscaron estudiar el desarrollo del TPM y sus beneficios, podemos encontrar muchas formas en la que este sistema nos ayuda a encontrar la mejora de los procesos y una alta calidad en la producción, al no implementarse esta metodología surgen seis grandes pérdidas las cuales son velocidad de proceso menor y cuellos de botella, tiempos elevados de arranque, averías frecuentes, calidad del producto baja y micro paradas, también se manifiestan tres aspectos fundamentales: tiempos muerto o paro del sistema productivo, funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos y productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo. También hay unos beneficios de la utilización de TPM, los más importantes son la planeación y el control de los gastos, también se evidencia la reducción del costo en personal de mantenimiento preventivo. Con el fin de realizar una recolección de datos e

identificación de datos consideradas importantes en el desarrollo del TPM, el objetivo principal es investigar y presentar un análisis descriptivo y multivariado evaluando actividad por actividad.

En el desarrollo de este trabajo se determina como la tecnología se vuelve un pilar importante para la ejecución de estos proyectos, por lo tanto, es de vital importancia determinar en la empresa Emcoclavos S.A.S., las pérdidas que se pueden presentar y generar y actualizar sistemas tecnológicos para su uso constante y adelantarse a los riesgos que se puedan presentar a medida que se desarrolla la producción. (García Alcaráz, Rico Pérez, & Romero González, 2011)

- En el año 2017, los Tecnólogos en Mecánica C. Moyano, R. Piza, J. Zaruma y V. Guadalupe de la Escuela Superior Politécnica del Litoral de la ciudad de Guayaquil, desarrollaron el trabajo “Implementación de un plan de mantenimiento autónomo en un taller mecánico industrial”.

En el cual buscaron prevenir averías en las máquinas, herramientas y equipos, en este programa se ve involucrado el personal operativo realizando trabajos básicos como: limpiar, ordenar, lubricar, inspeccionar y organizar. También se desarrollaron check-list y fichas técnicas para lubricación y así ayudar al operario a identificar los puntos de lubricación fácilmente, como metodología principal implementaron el mantenimiento autónomo buscando mejorar la eficiencia y la calidad en los procesos y productos, se deben realizar ciertos pasos principales para el establecimiento de este pilar de TPM, los cuales son: Análisis de la situación actual, evidenciar la falla antes de que esta ocurra y llevar control fotográfico del estado del activo. Se desarrolla una lista de los problemas más habituales del equipo y detectar la problemática principal. Desarrollo del plan de mantenimiento autónomo, el operario asume tareas básicas como limpieza y

lubricación, en consecuencia, se evidencia una productividad más alta y reducción en el deterioro del equipo. Con el fin de aumentar la vida útil de las máquinas, equipos, cuidado de las herramientas y áreas de trabajo, mejorar la eficiencia de los procesos y la calidad de los productos, en este sentido la aplicación del mantenimiento autónomo provee una inagotable fuente de oportunidades de mejora en aspectos concernientes a calidad, seguridad e involucramiento de la gente.

La implementación que realizan los ingenieros en mención, es muy importante llevarla a la ejecución en la empresa Emcoclavos S.A.S., ya que un check-list, brinda tanto para la producción y el personal que está al pendiente de estos mantenimientos, llevar un orden cronológico o un historial de las máquinas que prestan la producción, para así lograr un control detallado y ordenado de la misma. (C. Moyano, R. Piza, J. Zaruma, & V.

Guadalupe, 2017)

- En el año 2011, la Ingeniera de Alimentos Natalia Leandra Mansilla Del Valle de la Universidad de Chile de la ciudad de Santiago de Chile, desarrolló el trabajo titulado “Aplicación de la metodología de mantenimiento productivo total (TPM) para la estandarización de procesos y reducción de pérdidas en la fabricación de goma de mascar en una industria nacional”.

En el cual lograron una estandarización y la disminución de pérdidas en fabricación de chicle en dos líneas de producción llamadas línea 1 chicle sin azúcar y línea 2 chicle con azúcar. Con la implementación de TPM (Mantenimiento Productivo Total) puesto que es un método aplicable al mantenimiento para el logro del proceso de optimización industrial, buscando la mejora permanente de la productividad industrial, optimizar la utilización de recursos físicos y humanos. Se debe cambiar las actitudes del personal e

incrementar las capacidades; mejorar la efectividad del mantenimiento y su competencia.

Con el fin de mejorar los resultados de la empresa, crear lugares de trabajo seguro y productivo, reduciendo pérdidas, tales como defectos en los productos y fallos de proceso a partir de la inspección temprana basada en el conocimiento del proceso y lograr una gestión autónoma en los equipos y procesos.

En el trabajo de mención, hacen énfasis en la disminución pérdidas en la fabricación, ya que el uso de un sistema de mantenimiento aplicable conlleva a una mejor producción y disminuir las pérdidas que se pueden presentar, por lo tanto, a la hora de ejecutarla en la empresa Emcoclavos S.A.S., es necesario aplicar el mantenimiento oportuno y eficaz para así disminuir estas pérdidas que son contraproducentes en las finanzas de la empresa. (Mansille del Valle, 2011)

5.1.3 Estado del arte local

- En el año 2012, los Ingenieros Gabriel García Cifuentes y Rubén Darío Forero López de la Universidad ECCI de la ciudad de Bogotá D.C, realizaron el trabajo “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para herramientas de corte de mármol”.

En cual buscaron desarrollar una propuesta de mejora de gestión del mantenimiento preventivo para las herramientas utilizadas para cortar mármol, se evidencia en las compañías de mármol una problemática general que es la falta de mantenimientos preventivos a los activos, la calidad del corte es fundamental puesto es la que da la calidad del producto y así poder competir con otras compañías, se implementó la metodología de mantenimiento preventivo que nos ayuda a evidenciar las fallas que se

consideran repetitivas, reducir los tiempos muertos por paradas inesperadas, permite alargar la vida útil del activo.

Con el fin de que la disponibilidad de los equipos garantice utilidades, capacitando a los colaboradores para evitar gastos innecesarios y paradas por fallas que se pueden evitar realizando este proceso de mantenimiento, innovar y una mejora continua para obtener más clientes, con esa implementación también se busca motivar a los operarios a ampliar sus conocimientos en lo profesional y personal, siendo una persona más capacitada y competente en la compañía, evitando así los mantenimientos correctivos ya que estos son los factores negativos en los indicadores de productividad de la compañía.

El desarrollo de este trabajo se centra en un factor importante como lo es el mantenimiento preventivo para evitar los tiempos muertos en la producción, por tal motivo la implementación en la empresa Emcoclavos S.A.S., generaría una mejor rentabilidad, ya que los mantenimientos ayudan adelantarse a las fallas que se pueden presentar en el camino de la fabricación del producto y evitaría pérdidas económicas a la empresa. (García Cifuentes & Forero López, 2012).

- En el año 2013, los Ingenieros Alejandro Silva Riaño y Oscar Javier Pérez Vega, de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales de Bogotá D.C., diseñaron “Un plan de mantenimiento preventivo para tracto camiones de una agencia logística en una compañía de la industria militar”.

Este plan fue desarrollado para las flotas de tracto camiones en el entorno de la gestión del mantenimiento, con el fin de generar herramientas de apoyo para garantizar la sostenibilidad de las empresas en este sector. Con esto fundamenta su objetivo en la disponibilidad de la flota y tener una mejor operación, minimizando fallas y costos, y con esto aumentando el mantenimiento preventivo eficaz, este mantenimiento genera

una actividad vital dentro de las empresas ya que este sistema es fundamental para la organización, evaluación y control, incorporando las fases del proceso administrativo. En el sector donde se diseña este plan, no cuenta con procesos de mantenimiento de la flota, los cuales hacen parte de los activos fijos de la industria Militar, por lo tanto es notorio como se vuelve obligatorio adaptar a estas industrias este tipo de procesos que generaran ventajas a los presupuestos que tienen destinados para el mismo, ya que estos mantenimientos preventivos se anticiparan a las fallas que se pueden presentar durante la prestación del servicio, en este orden de ideas, generando una modernización a la industria y trayendo a colación ventajas innumerables para la prestación del servicio como entregas en las fechas pertinentes, disponibilidad activa de los vehículos, y seguridad.

Los ingenieros plantean como las fases de los procesos administrativos y la implementación de sus propios recursos se vuelve indispensable para la rentabilidad financiera de la empresa, por lo tanto, es necesario proyectarlo en la empresa Emcoclavos S.A.S., con el fin de generar recursos propios y no contar con terceros elevando los costos de producción y precios finales de entrega del producto final. (Silva Riaño & Pérez Vega , 2013)

- En el año 2017, el Ingeniero Freyman Yamith Sánchez Suárez, de la Universidad ECCI de Bogotá D.C., genera la propuesta de “Un plan de mantenimiento preventivo para la celda Daewon de la empresa Imal S.A.S.”.

En la actualidad, algunas industrias como Industrias Metálicas Asociadas IMAL S.A.S., no cuentan con mantenimientos, por tal motivo las máquinas que son utilizadas para la transformación de la materia prima, generalmente presenta fallas, donde la producción es pausada, para generar mantenimientos correctivos, lo cual afecta los resultados de

producción, y adicional a ellos generar recambios en los repuestos de estas máquinas permanentemente.

Para esto el Ing. Freyman, proponen un plan de mantenimiento preventivo que permita obtener confiabilidad y disponibilidad del equipo utilizado para la transformación de la materia prima, ya que si se genera dichos programas incluyendo el personal operativo idóneamente capacitado, la probabilidad de parar la línea de ensamble, será muy baja y así mejoraría, la producción de la empresa y generaría una disminución en los costos de reparación y compra de repuestos los cuales usualmente se generan en este tipo de industrias, de tal forma que se conservara los equipos e instalaciones que fueron realizadas para el fin principal de estas empresas.

Implementando lo realizado en este trabajo a la propuesta de la empresa Emcoclavos S.A.S., se verán los cambios en la disponibilidad de los equipos y así mejorar los tiempos en la producción. (Sánchez Suárez, 2017)

- En el año 2018, los Ingenieros Jhonatan Ladino Reina y Cristian Camilo López, de la Universidad ECCI de Bogotá D.C., desarrollaron su trabajo de posgrado en la “Propuesta de optimización plan de mantenimiento de una flota de buses”.

En el desarrollo de esta propuesta se basó en flota de buses de la marca Chevrolet NPR, ya que estos, presenta bajos estándares de confiabilidad y disponibilidad, donde se generan grandes costos de mantenimiento, y no se tienen en cuenta el lucro cesante, al momento de realizar acciones correctivas; por tal razón exponen que es necesario implementar mejoras al plan de mantenimiento, logrando con esto mejorar la vida útil de los buses y aumentar factores como son la disponibilidad y confiabilidad, generando así una flota segura para el usuario, con esto aumentando los índices globales de productividad y eficiencia del servicio que se presta con este tipo de vehículos,

aplicándolo con la demanda que tiene en los diferentes campos como lo plantean ellos en el servicio del SITP.

Como bien se sabe, el mantenimiento preventivo que reciben estos vehículos, es una inspección pre operacional superficial y muchos operadores por agilizar este tipo de procesos no lo realizan adecuadamente, así mismo este tipo de servicio que se presta debería ser una inspección más a fondo que traería costos elevados, pero si se aplican mantenimientos preventivos y correctivos a tiempo; estas empresas las cuales hacen uso de este tipo de flotas, inicialmente generaría un mejor servicio al usuario, creando satisfacción y confianza para seguir utilizándolos, con estos se generaría más ingresos. Por otro lado, se le daría un mejor uso a los recursos operativos que tienen estas empresas, como uno de los objetivos generales se pretendía hacer ver el mantenimiento en los buses más como una inversión que como un gasto.

Al realizar un plan de mantenimiento tan significativo se pueden reducir las pérdidas y tiempos muertos, gracias a lo desarrollado en este trabajo la aplicación para la empresa Emcoclavos S.A.S. será más factible (Ladino Reina & López, 2018)

- En el año 2018, los Ingenieros Diana Gómez y Pedro Gutiérrez, de la Universidad ECCI, de Bogotá, presentan la “Propuesta de mejora para el mantenimiento de montacargas electrónicos de Distoyota S.A.S.S.”.

Los Montacargas electrónicos (ME), que son utilizados en Distoyota, para el almacenaje de mercancía, requieren un constante mantenimiento, que en la actualidad cuentan con el mantenimiento preventivo, pero no es el necesario para realizar un monitoreo constante de los subsistemas que componen estos equipos, generando con ellas paradas no programadas en las tareas destinadas.

En este orden de ideas los ingenieros proponen mejoras en los procesos de mantenimiento de los ME, para que la producción operativa no presente altercados y prevenir las constantes fallas en el sistema hidráulico, por fallas de cilindros, bombas y componentes de control de presión o transporte de flujo de aceite por el equipo. Con esto aportando una mejora en el servicio y la satisfacción de la industria que adquiere este tipo de productos, para la operación de la empresa Distoyota.

En este trabajo se resalta el mantenimiento autónomo en los montacargas y gracias a ellos los activos lograron llegar a más disponibilidad, evidenciando este cambio es a lo que se quiere llegar en la empresa Emcoclavos S.A.S. implementando la propuesta del pilar de mantenimiento autónomo. (Gómez & Gutiérrez, 2018)

5.2 Marco Teórico

A continuación para dar soporte teórico al desarrollo de investigación se tratarán algunos temas que se aprovecharán para dar solución a la pregunta de investigación entre ellos: Generalidades y metodologías de mantenimiento.

5.2.1 Generalidades de mantenimiento

“El mantenimiento se define como el conjunto de actividades desarrolladas con el fin de asegurar que un equipo o instalación, continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional” (Ingeniería Industrial, 2018).

“El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global. (Ingeniería Industrial, 2018).

5.2.2 Tipos de mantenimiento.

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el tipo de las tareas que incluyen:

1. **Mantenimiento Correctivo:** Conjunto de actividades que corrigen los defectos presentados en los equipos después de que se ha presentado una avería.
2. **Mantenimiento Preventivo:** Actividades de mantenimiento estandarizadas, programadas para la limpieza rutinaria, sustitución de piezas, inspecciones, etc., con el objetivo de prevenir las averías antes de que ocurran.
3. **Mantenimiento Predictivo:** Conjunto de actividades que se desarrollan con el fin de predecir cuándo un equipo o componente puede fallar. Utilizar herramientas y técnicas avanzadas para identificar componentes del equipo que podrían fallar en un futuro próximo. Los beneficios son permitir inspeccionar el equipo mientras está funcionando, permite planear el plazo para pedir las refacciones o repararlas, los instrumentos predictivos pueden compartirse entre diferentes plantas, no es específico del tipo de industria (puede ser un servicio contratado externamente) y de diagnósticos basados en datos.
4. **Mantenimiento autónomo:** Proporciona estabilización, inspección y limpieza en una frecuencia basada en el tiempo. Tareas de mantenimiento completadas por el operario y que consisten en detectar y arreglar defectos simples de la máquina durante su operación normal. Realizadas a través de rutinas: Limpieza, inspección y lubricación. Es un pilar importante del TPM; esta clase de mantenimiento se lleva a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Consiste en realizar diariamente actividades no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es

importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para llevar a cabo estas funciones, de tal manera que se garantice total dominio del equipo que opera, y de las instalaciones de su entorno.

Tabla 1. Proceso de Implementación MA. (Autores)

Paso 0	Entrenarse y prepararse para la restauración
Paso 1	Restaurar, Inspeccionar y entender el equipo
Paso 2	Identificar el deterioro e implementar soluciones
Paso 3	Establecer los estándares de limpieza, inspección y lubricación
Paso 4	Entrenar a los operadores para detectar/Corregir anomalías
Paso 5	Aplicación práctica de las habilidades aprendidas
Paso 6	Estandarizar MA en toda la planta
Paso 7	Mejora continua del proceso

Fuente: Elaboración propia (2018)

5. Mantenimiento basado en el tiempo: También conocido como mantenimiento periódico. Consiste en inspecciones, puestas a punto, limpiezas periódicas (en base a un calendario) y reemplazo de componentes para evitar fallos repentinos. Consiste básicamente en renunciar a pensar que podemos predecir con exactitud la vida de las piezas que componen un equipo, y, por tanto, supone renunciar al mantenimiento sistemático consistente en realizar determinadas tareas por horas de funcionamiento o por periodos de tiempo. El Mantenimiento Basado en Condición basa sus decisiones en el diagnóstico de los equipos y en actuar en ellos sólo si hay síntomas de que hay una degradación en un elemento que requiere una acción: limpiar, apretar, engrasar, reacondicionar, sustituir. El diagnóstico se realiza utilizando diferentes técnicas que incluyen la inspección visual superficial, la inspección detallada, las verificaciones de funcionamiento, el análisis de datos obtenidos con instrumentos montados en línea o el análisis de datos obtenidos con instrumentos

portátiles que se instalan en un equipo durante las pruebas y después se trasladan a otros. (Instituto Renovetec, 2017).

6. Mantenimiento planeado: Es el conjunto de distintas actividades programadas con el fin de llevar a cabo un desempeño productivo para la máquina. El objetivo de estas actividades es que la máquina no tenga ningún tipo de averías, defectos o desperdicios. El objetivo del mantenimiento planificado será ajustar la programación del equipo para desarrollar las tareas en el momento menos perjudicial para la producción.

El mantenimiento planificado comprende tres clases de mantenimiento:

- Mantenimiento basado en el tiempo
- Mantenimiento basado en condiciones
- Mantenimiento basado en averías.

El mantenimiento planificado es una visita de servicio programada realizada por personal competente y calificado, para asegurar que un elemento o equipo funcione correctamente y poder si evitar cualquier interrupciónn no programada y tiempo de inactividad.

5.2.3 Aplicación de metodologías de Mantenimiento.

5.2.3.1 Taxonomía.

La taxonomía significa "ciencia que trata de los principios de la clasificación".

Objetivo:

- La mejora de los resultados de mantenimiento pasa necesariamente por estudiar los incidentes que ocurren en los equipos y aportar soluciones para que no ocurran.
- Conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, así poder evitarlo a través de una intervención programada.
- Alargar al máximo la vida útil de las piezas, herramientas y útiles con el fin de abaratar los costes de mantenimiento. (GARCIA, 2003).

5.2.3.2 AMEF.

Puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son: reconocer, evaluar los modos de fallas potenciales las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.

Evalúa los riesgos en las empresas mediante la identificación de tres criterios:

Ecuación 1. Cálculo de criticidad (Autores)

$\text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección} = \text{NPR}$
--

Fuente: Elaboración propia (2018)

Donde cada uno de estos factores está valorado del 1 al 10. Al multiplicar estos tres factores se obtiene un NPR_i; número ponderado de riesgo inicial. El NPR es adimensional.

Luego de aplicar unas acciones de mejora la intención del AMEF es obtener un NPR_f; número ponderado de riesgo final de menor valor.

Con el ejercicio del AMEF hay dos ítems que se pueden variar: la severidad asociada al impacto. Ocurrencia = Frecuencia. Detección = Facilidad de detección. El valor de

severidad es un ejercicio de AMEF no cambia dado que si pasa la falla es el mismo impacto.

Esta herramienta a corto plazo representa ahorros por costos de reparaciones, pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es difícil de medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente, el producto y con la percepción de calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de estos. (Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (AMEFs), 2009)

5.2.3.3 *Análisis de Causa raíz*

Es una herramienta para identificar las causas que originan las fallas, las cuales al ser recogidas evitan la ocurrencia de las mismas. Al realizar análisis de causa raíz se deben identificar tres causas:

Causa raíz física: sistema, parte, elemento, repuesto o componente que falla.

Causa raíz humana: acciones o comportamientos humanos que contribuyeron a la materialización de la falla.

Causa raíz latente: falta de procedimientos, cultura organizacional, falta de presupuesto.

Esta es la causa raíz más importante.

Metodología:

- Definir el problema.
- Desarrollo de la investigación por diferentes metodologías causa – efecto.
- Definir las soluciones efectivas.

- Programar las soluciones efectivas.

El principio causa efecto tiene cuatro postulados:

- Causa y efecto son la misma cosa en determinado instante.
- Causa y efecto son parte de un continuo infinito hasta donde sea de mi interés.
- Cada efecto tiene por lo menos dos causas en forma de acciones y condiciones.
- Un efecto solo existe si sus causas existen en el mismo punto, tiempo y espacio.

5.2.3.4 RCM (*Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad*)

Es un proceso técnico y lógico que se desarrolla para determinar las tareas de mantenimiento necesarias para alcanzar la confiabilidad de diseño de plantas, equipos, sistemas, componentes, bajo específicas condiciones de operación. Principios de RCM:

- Enfocado en el sistema: se orienta a preservar la función de sistemas complejos más que a los componentes o equipos individuales.
- Centrado en confiabilidad: se centra en alcanzar la confiabilidad inherente de los activos.
- Reconoce las limitaciones del diseño: el diseño define la confiabilidad más que el mantenimiento, aunque puede aportar antecedentes para mejorarlo.
- Toma en cuenta la seguridad, el medio ambiente y la economía: la seguridad debe asegurarse a todo costo, la efectividad de costos y los riesgos son criterios importantes.
- Define una falla como una condición no satisfactoria: puede ser una pérdida de la función o del rendimiento.

La implementación de un método concreto y sistemático que evalúe los reales requerimientos de mantenimiento de los equipos y sistemas, cuidando su función, medio ambiente, seguridad y los costos de mantenimiento es vital.

Principios de RCM:

- Orientado a la función: se orienta a preservar la función.
- Enfocado en el sistema: se orienta a preservar la función de sistemas completos más que a los componentes o equipos individuales.
- Centrado en confiabilidad: se centra en alcanzar la confiabilidad inherente de los activos.
- Reconoce las limitaciones de diseño: el diseño define la confiabilidad más que el mantenimiento, aunque puede aportar antecedentes para mejorarlo.
- Toma en cuenta la seguridad en el medio ambiente y la economía: la seguridad debe asegurarse a todo costo, la efectividad de costos y los riesgos son criterios importantes.
- Define una falla como una condición no satisfactoria: puede ser una pérdida de la función o el rendimiento.
- Usa un método lógico para definir las tareas: por lo tanto, es aplicable a toda clase de equipos.
- Las tareas deben ser factibles: deben considerar el modo y sus características.
- Las tareas deben ser justificadas y efectivas: deben ser más baratas que las consecuencias o reducir los riesgos.
- Es un sistema dinámico: toma datos de los resultados obtenidos y los retroalimenta para mejorar al futuro.

Las siete preguntas del RCM:

1. ¿Cuál es la función o estándar deseado de desempeño que debe hacer el activo en su contexto operacional? Lo que el usuario desea que haga la máquina.
2. ¿En qué manera el activo deja de cumplir con la función? ¿Cómo deja de hacer lo que el usuario desea que haga?
3. ¿Cuál es el modo de falla? ¿Qué causa cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada modo de falla? ¿De qué se da cuenta el operador del equipo o activo?
5. ¿Cuál es el impacto de la falla? ¿Cuánto importa que falle? ¿Cuál es la consecuencia de la falla?
6. ¿Qué debería hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué debería hacerse si no se puede ejecutar ninguna una tarea proactiva adecuada?

5.2.3.5 TPM.

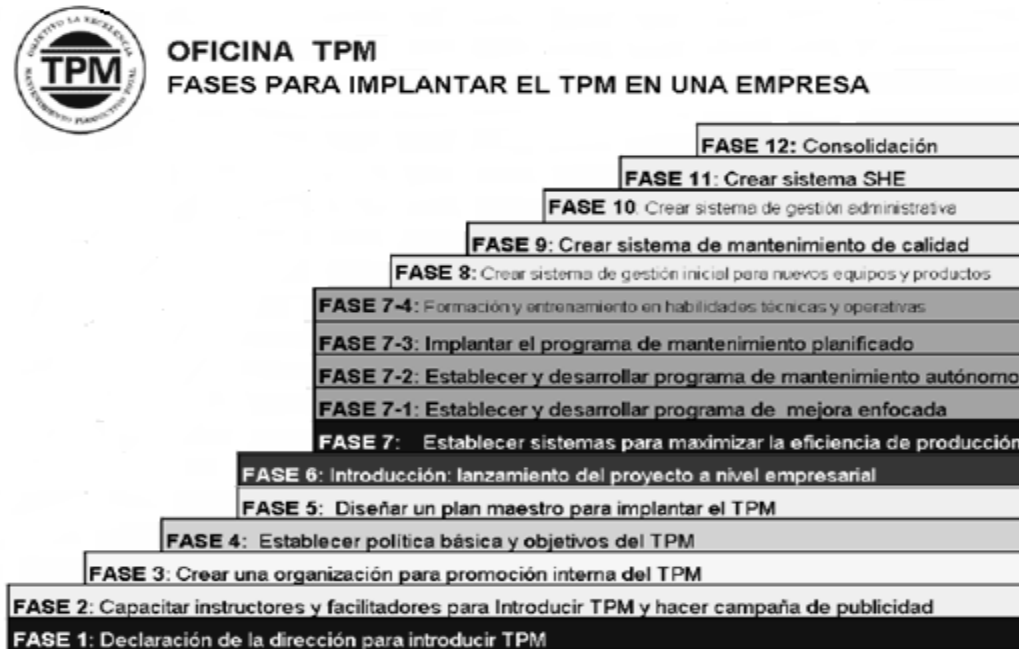
El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

Este modelo está enfocada en gerenciar todas las áreas de la compañía, caracterizándose por aumentar la productividad considerablemente buscando el involucramiento total de todos los miembros de la compañía. Sus principales objetivos son: cero accidentes, cero averías y cero defectos de calidad.

Implementación del TPM:

El modelo de TPM se desarrolla en doce fases las cuales están divididas en cuatro grandes grupos:

Ilustración 1. Fases para implementar el TPM en una empresa



Fuente: (Suzuki, TPM en industrias de proceso, 1992)

Grupo 1: Planeación

A este grupo corresponden las fases 1, 2, 3, 4,5 y su objetivo es preparar a la organización para el desarrollo pleno de la metodología TPM.

Grupo 2: Lanzamiento

A este grupo corresponde la fase 6 y es el paso “cero” de la ejecución.

Grupo 3: Desarrollo

A este grupo corresponden la ejecución y el desarrollo de los ocho pilares así:

Fase 7:

- 7.1 Pilar kaisen o mejoras enfocadas
- 7.2 Pilar mantenimiento autónomo
- 7.3 Pilar mantenimiento planeado
- 7.4 Pilar capacitación y entrenamiento

De igual manera a este grupo corresponden las fases 8,9,10,11 (Gestión inicial, Proyectos, gestión de calidad, Areas de administración y seguridad).

Grupo 4: Fase de consolidación

Fase 12 Consolidación.

Beneficios del TPM

Organizativos:

- Mejora la calidad del ambiente de trabajo
- Mejor control de las operaciones
- Incremento de la moral del empleado
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de seguridad.

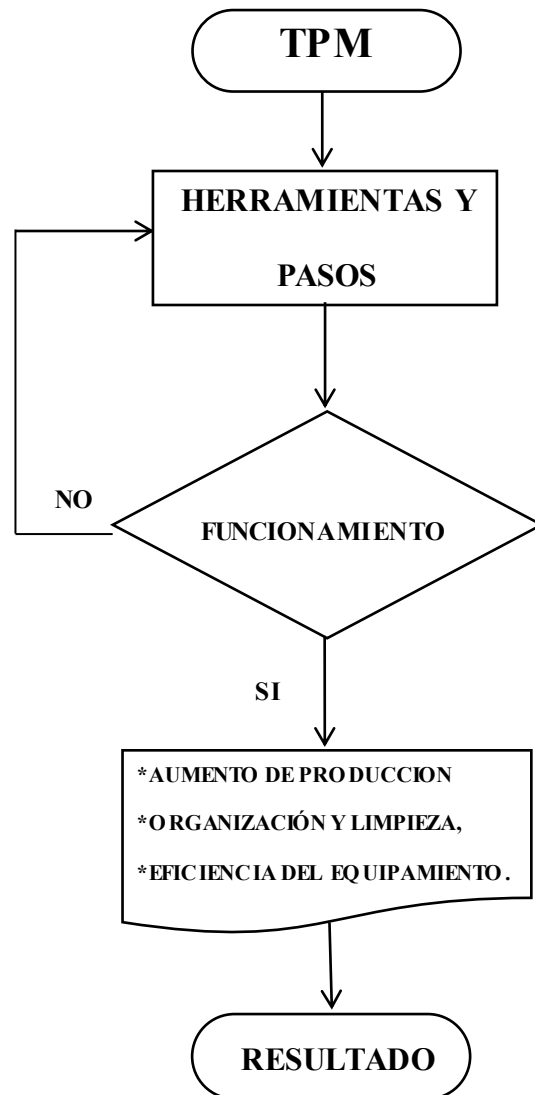
Seguridad:

- Mejora las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar del cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de polución y contaminación.

Productividad:

- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora la calidad del producto final.
- Mejora la tecnología de la empresa.

Ilustración 2. Diagrama de Flujo para la Implementación del TPM.



Fuente: (Emcoclavos)

Pilares del TPM:

Son las herramientas reales de implementación de la metodología, es decir, implementar TPM es desarrollar dichos pilares. Existen ocho pilares, cada uno de ellos este enfocado en mejorar unas areas de la compañía, cada pilar tiene una serie de etapas de desarrollo o implementación las cuales son secuenciales y estructuradas, de igual manera, cada uno de ellos debe tener un responsable de ejecución.

5.2.4 Plan de Mantenimiento.

Conjunto de tareas específicas y ordenadas que están basadas en tiempos o ciclos, orientadas en garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos a los que son aplicados y se ejecuta de acuerdo con indicaciones del fabricante, experiencia de los técnicos, la elaboración de protocolos genéricos o la aplicación de RCM.

- Plan de mantenimiento inicial: Es la designación del plan de mantenimiento antiguo y ambiguo desactualizado y sin coherencia de la empresa.
- Plan de mantenimiento actual: Es la designación del plan de mantenimiento modificado y mejorado que se implementó en la actualidad para la empresa.

5.2.5 Indicadores de efectividad en la gestión de mantenimiento.

Son las expresiones cuantitativas de comportamiento y desempeño de un proceso.

- **MTTR:** Indicador que mide el tiempo medio para reparar una falla en una máquina.
- **MTBF:** Indicador que mide el tiempo medio entre fallas de una máquina o activo.
- **Confiabilidad:** Es la probabilidad que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un periodo bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes.” (HUERTA, 2004),

En otras palabras, porcentaje de tiempo en el cual se espera que el equipo no falle.

- **Disponibilidad:** Tiempo recorrido del equipo y tiempo programado para producción, en otras palabras, porcentaje del tiempo total que se espera trabaje el equipo en condiciones normales.
- **OEE:** Eficiencia global de operación, medida porcentual que incluye disponibilidad, desempeño y calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Desempeño} \times \text{Calidad}$$

Fuente: Elaboración propia (2018)

5.2.6 Conceptos importantes

5.2.6.1 La matriz de habilidades:

Es una herramienta visual que ayuda a identificar las habilidades claves de cada uno de los integrantes de un departamento para que este de mejores resultados. Se desarrolla junto con el líder del departamento para identificar las necesidades que tiene esa área y poder generar planes de acción que le ayuden a obtener mejores resultados. En primer lugar, ayuda a identificar las habilidades necesarias de una manera global, lo que el departamento necesita para ser exitoso y dar los resultados que se esperan. Otro de los beneficios que tiene esta matriz es que ayuda a identificar cuáles de las personas son las más habilidosas en relación con lo que requiere el área, también ayuda a establecer la capacitación y poder potencializar a los que tengan menor conocimiento gracias a planes de capacitación interna o externa. Otro de los beneficios es que ayuda en el crecimiento de los colaboradores y que todos sean más competentes y agradecidos pues no solo van a estar trabajando, sino que van a estar formándose para dar mejores resultados al equipo al cual pertenece.

5.2.6.2 Sistema ILUO:

Es un método muy efectivo para realizar capacitaciones en el puesto de trabajo, pues con este método se asegura que el alumno va a aprender de forma efectiva a desarrollar

cualquier procedimiento que se le capacite, para el método sea efectivo debe cumplir con cuatro fases:

Nivel 1: I -El maestro realiza y explica la actividad mientras que el alumno mira y hace preguntas acerca de la actividad.

Nivel 2: L - El alumno le dice al maestro como hacer la actividad y el maestro hace lo que dice el alumno corrigiendo en lo que esté equivocado.

Nivel 3: U -El maestro da instrucciones y el alumno realiza la actividad como dice el maestro corrigiendo cualquier cosa que este mal.

Nivel 4: O- El alumno hace y explica al maestro como desarrolla la actividad mientras que el maestro observa.

5.2.6.3 Mapas de Seguridad

Es una ayuda visual para identificar los dispositivos de seguridad y los riesgos potenciales, identificando los puntos LOTO, puntos de atrapamiento, elementos suspendidos, EPP, extintores, salidas de emergencia, etc. Los mapas de seguridad deben ser sólo eso, un mapa y se caracterizan por usar imágenes de la máquina e incluir planos de la planta con todos los elementos necesarios de seguridad y descripciones detalladas.

5.2.6.4 Análisis de Riesgos del Proceso (ARP)

Es una revisión de riesgos realizada antes de una actividad para asegurar que los riesgos asociados a dicha actividad/área están bien entendidos e identificados.

5.2.6.5 Análisis de riesgos por oficio (ARO)

Es un análisis de la seguridad por oficio o actividad, es una revisión de los riesgos una tarea o conjunto de tareas del trabajo que se realizan de forma rutinaria/no rutinaria.

Cuando la actividad es rutinaria, el ARO no cambia. Es un proceso que evalúa cuidadosamente todos los componentes de un oficio (tareas/actividades) y los riesgos/peligros en cada uno de estos componentes, con el objetivo de minimizarlos o eliminarlos. El ARO incluye:

- Todas las tareas o pasos requeridos para realizar un trabajo y la secuencia de las tareas.
- Los peligros o riesgos potenciales asociados a cada tarea.
- Los controles (Ingeniería/administrativos) que existen en el área para minimizar o eliminar los peligros/riesgos.

5.2.6.6 Desperdicios

Es toda aquella actividad que no agrega valor (no lo transforma) a un producto o servicio, por lo tanto; incrementa sus costos y se considera innecesario. El cliente no está dispuesto a pagar estas ineficiencias. Existen ocho pérdidas:

- Correcciones
- Exceso de inventarios
- Sobreproducción - sobre mantenimiento
- Exceso de movimientos
- Espera
- Transportes innecesarios
- Procesos innecesarios
- Baja utilización del talento humano

5.2.6.7 Pérdidas

Son ineficiencias que se presentan en las organizaciones y están asociadas a tres grandes grupos:

Pérdidas en el equipo:

- Avería en el equipo
- Puesta a punto y ajustes
- Cambio de referencia – cambio de formato o cambio de elementos de desgaste
- Puesta en marcha
- Pequeñas paradas y marchas en vacío
- Reducción de velocidad
- Defectos de calidad y recuperación
- Mantenimiento planeado

Pérdidas en gestión humana:

- Gestión
- Calificación
- Organización de los procesos
- Logística
- Mediciones y controles

Pérdidas en materiales y servicios:

- Energía, gas, combustible, agua, fugas, tecnología obsoleta.
- Materia prima, material de empaque, herramientas, utensilios.

- Rendimiento.

5.3 Marco normativo/legal

Tabla 1. Normas y Leyes aplicadas a la investigación en curso (Autores)

NORMA	NUMERAL	OBSERVACIONES
ISO 9001 DEL 2015	6.1 Acciones para abordar riesgos 7.1.3 Gestión de la infraestructura 8.4.2 Información para proveedores externos	La organización debe planificar las acciones para abordar riesgos y evaluar su eficacia. Aplicación de políticas de mantenimiento para: máquinas, equipos, software y servicios requeridos para la realización de un producto. Realizar supervisión y control sobre contrataciones y tareas asignadas a terceros.
ISO 14001 DEL 2015	7.1 Recursos 7.2 Competencia 6.1 Planificación de acciones	Suministro de los recursos necesarios para la implementación del sistema de gestión ambiental. Garantizar que las personas sean lo suficientemente competentes para realizar su trabajo. La organización debe planificar todas las acciones teniendo en cuenta requisitos ambientales, requisitos legales y los riesgos que se puedan presentar, además evaluar su eficacia.
OHSAS 18001 DEL 2007	4.2 Política de SISO 4.3.1 Identificación de peligros 4.4.2 Competencia, entrenamiento y conciencia. 4.4.6 Control operacional.	Requisitos para la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Evaluación de riesgos, determinación de controles. Todas las tareas no rutinarias se debe realizar un análisis de trabajo seguro. Sistema de etiquetado y candado (LOTO).
RESOLUCION 1409 DEL 2012	Toda la resolución	Reglamento para el trabajo seguro en alturas aplica para todas las actividades que se realizan donde exista riesgo de caída a 1.5 metros o más sobre un nivel inferior.
Ley 1010 del 2006	Toda la ley	Ley acoso laboral para definir y prevenir todo tipo de maltrato y acoso que se puede presentar en la empresa donde labora

Fuente: Elaboración propia (2018)

5.4 Marco Histórico Autores, 2018)

Emcoclavos S.A.S. empresa fundada en Colombia en 1970, sus dueños adquirieron maquinaria importada usada y en muy malas condiciones en 1968, considerada obsoleta. Las máquinas tenían muchos problemas y generaban constantes fallas al momento de ponerlas a trabajar. Solo hasta después de dos años de estar trabajándole constantemente a estos equipos se logra llegar a un punto aceptable en la fabricación de sus productos. En 1986 la compañía adquirió la suficiente experiencia y madurez para poder incursionar en un mercado a nivel mundial pudiendo establecer oportunidades de expansión y crecimiento en todo nivel.

En un comienzo se inició con la producción de clavos para herrar, los cuales se caracterizaron por su excelente calidad, logrando una gran aceptación en el mercado y un excelente reconocimiento a nivel mundial.

En el año 1990 la empresa fue adquirida por el grupo Mustad, líderes a nivel mundial en la fabricación de productos para equinos, quienes inyectaron tecnología y poder económico para poder desarrollar otras actividades relacionadas con el cuidado de los cascos de los equinos. En 1995 se inició la producción de herraduras en su planta de Bogotá y se continuó hasta el año 2010 cuando se trasladó esta planta para Brasil por motivos financieros.

Actualmente la empresa se encuentra certificada con las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 Y OHSAS 18001, siendo reconocida a nivel mundial por sus altos estándares de calidad y con la garantía de que sus productos siempre se van a comportar de manera adecuada. Sus colaboradores tienen bastante experiencia y su gran

compromiso ha llevado a la mejora continua de todos sus procesos, desarrollando sus propias tecnologías y pudiendo diseñar sus propias máquinas, siendo así pioneros en un mercado cada vez más competitivo.

Estos productos son llevados a más de 37 países, incluyendo aquellos donde los requerimientos de calidad son muy exigentes. El grupo Mustad es líder a nivel mundial en la fabricación de productos para equinos desde 1832 y sus empleados se sienten muy orgullosos de pertenecer a esta gran empresa y de poder elaborar productos con los más altos estándares de calidad y que sea reconocido en todo el mundo.

6 Marco Metodológico

6.1 Recolección de la información

Tabla 2. Tipos de Investigación.

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 porqué 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 Universidad ECCI)

6.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación será desarrollado bajo el tipo de investigación documental. Se indagará profundamente acerca de la situación actual de la compañía y la metodología empleada en el TPM, sus características y la forma de implementación.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes primarias

Para la recolección de la información principalmente se contará con el personal técnico y operativo de la empresa ya que gracias a su experiencia hace aportes valiosos para mejorar continuamente los procesos, adicionalmente los manuales y catálogos de las máquinas son una excelente guía para desarrollar las actividades de mantenimiento de manera correcta y oportuna, por otro lado, el software de mantenimiento infomante es una herramienta muy valiosa que brinda información bastante completa y confiable acerca de todos los equipos de la planta, con él se pueden sacar los principales KPI para medir y comparar el antes y el después de la implementación de este proyecto. Otra fuente de información muy precisa es el software SCADA el cual recopila toda la información acerca del comportamiento de la producción de forma inmediata y verídica, de todos los motivos de parada los cuales servirán para medir el OEE de la planta.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

Como fuente secundaria se harán investigaciones en libros de texto especializados en la metodología del TPM, las páginas de internet son un recurso inagotable de información en las que se analizarán algunas tesis referentes al tema, ilustrando la forma en que se desarrolló la metodología en otras empresas y extrayendo lo que se considere más

relevante para este tipo de empresa. Las monografías también proveen excelente información práctica para el proyecto.

6.1.3 Herramientas

- Análisis DOFA
- AMEF
- Listas de verificación auditorías pasos 1, 2, 3
- Tablero información del pilar
- Registro de tarjetas rojas
- Seguimiento ADA y FC
- Análisis DMAIC

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo del objetivo número 1 “Analizar las principales pérdidas asociadas a los procesos de producción de clavo dentro de la empresa”, se iniciará por definir que es una pérdida y así poder inculcar en el personal el pensamiento cero pérdidas para que tengan una visión más clara sobre la importancia que tiene la aplicación de buenas prácticas en el trabajo diario. Luego de esto se recolectarán y analizarán los datos históricos de la empresa respecto a las pérdidas, evidenciando cuales son las más relevantes y significativas, con el fin de poder plantear estrategias que ayuden a mitigar dichas pérdidas.

Para el desarrollo del objetivo número 2:” Establecer cuál es la metodología más adecuada para reducir las pérdidas y mejorar los indicadores de eficiencia y disponibilidad en la línea de producción de clavo prensado”, se analizaran y se evaluaran

las diferentes metodologías de mantenimiento que se pueden implementar dentro de una compañía, teniendo claro que dicho proceso de implementación sea práctico y efectivo, las ventajas y desventajas de cada metodología, y lo que se busca es estrategia destinada a elevar la productividad, mejorar el mantenimiento y las prácticas correspondientes para la compañía.

Para el desarrollo del objetivo número 3: “Diseñar una propuesta del mantenimiento autónomo con los pasos a seguir para su implementación e integración al modelo de operación de la organización”, se estudiarán los libros referentes a la metodología TPM y en especial el capítulo del pilar de mantenimiento autónomo, además de esto se recopilará información de distintos trabajos de grado de la universidad ECCI y de otras universidades a nivel nacional e internacional, buscando formar un plan estratégico que permita dar un paso a paso de cómo hacer una implementación exitosa del Mantenimiento Autónomo y su permanencia a través del tiempo.

Además de esto, se analizará la situación actual de la empresa, esta implementación se iniciará en un área piloto de menor impacto, con el fin de implementar controladamente el MA y de ser necesario realizar los ajustes necesarios para lograr la correcta aplicación de cada proceso.

6.1.5 Información recopilada

La empresa Emcoclavos S.A.S. cuenta con un departamento de mantenimiento conformado por personal especializado y con amplia experiencia en las labores de sus máquinas. Existe un plan de operaciones conocido por todos los integrantes del área y aprobado por la alta gerencia, este plan permite desarrollar las actividades programadas de forma metódica y sistemática, en un lugar, fecha y hora conocida.

Una solicitud de trabajo se genera cada vez que se van a desarrollar actividades, los operarios de producción son los que generalmente hace estas solicitudes y se convierten en órdenes de mantenimiento una vez aprobadas por el planeador de mantenimiento.

Luego de generada la orden de trabajo se continua con la programación determinando su prioridad teniendo en cuenta la urgencia, si los repuestos están disponibles y si hay personal disponible para la labor. Para esto se cuenta con una herramienta muy valiosa y es el software de mantenimiento llamado "Infomante" que ayuda a organizar el área y facilita el trabajo, reduciendo el número de imprevistos, incrementando la vida útil de los equipos, reduciendo los inventarios, reduciendo los costos en las reparaciones y organizando la mano de obra e información de mantenimiento.

En la empresa existe varios tipos de órdenes de trabajo entre las cuales están en función del momento en el que se van a realizar el trabajo, se encuentran el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento predictivo y mantenimiento sistemático.

Mantenimiento correctivo:

Tiene que ver cuando ocurre una falla o avería y el procedimiento es el siguiente:

Tabla 3. Flujo Mantenimiento Correctivo

	ETAP	RESPONSABLE
5.2.1	Diligenciar solicitud de mantenimiento en "infomante" instructivo P-4-I-02	Solicitante
5.2.2	Reportar a Técnico de Mantenimiento correspondiente (Mecánico, eléctrico o locativo) del turno.	Solicitante, Planeador, jefe de servicios técnicos
5.2.3	Hacer una inspección al equipo y determinar las acciones correctivas a aplicar. Solicitar opinión y/o aprobación del Jefe de Servicios Técnicos en caso de ser necesario.	Técnico Mecánico, Electricista o locativo
5.2.4	Solicitar traslado de repuestos requeridos que estén disponibles para la ejecución y reclamarlos en Almacén.	Técnico de mantenimiento
5.2.5	Asignar los materiales, herramientas, personal y recursos necesarios para la ejecución de la orden de mantenimiento. Así mismo ordenar la contratación de servicios de terceros, en caso de ser necesario.	Planeador de Mantenimiento
5.2.6	Ejecutar el mantenimiento	Técnico de Mantenimiento
5.2.7	Imprimir el formato de orden de mantenimiento generada	Técnico de mantenimiento
5.2.8	Hacer entrega formal del trabajo al solicitante de producción encargado de la máquina o al solicitante. La firma en la orden de quien recibe valida la aceptación del trabajo.	Técnico de mantenimiento
5.2.9	Verificar cambio motivo de parada en el PLC de la máquina	Técnico de mantenimiento, operario 1
5.2.10	Registrar tiempos de ejecución en la orden de mantenimiento y novedades suministrando los detalles de ejecución actualizando la hoja de vida del equipo de acuerdo a Instructivo Registro de tiempos a OM en Infomante, y Instructivo Aprobación de solicitudes.	Técnico de mantenimiento
5.2.11	Quien ejecuta debe firmar y entregar la Solicitud de mantenimiento u orden de mantenimiento diligenciada al Planeador	Técnico de mantenimiento
5.2.12	Validar y actualizar los recursos de la orden de mantenimiento: el registro de mano de obra y repuestos en medio magnético. Archivar los documentos soporte firmados en la hoja de vida física correspondiente a cada equipo.	Planeador de mantenimiento
5.2.13	Una vez realizada la actualización de los costos de la orden se revisan y en caso de que se cumpla uno de las alarmas para análisis de fallas, se procederá a armar el grupo de trabajo para realizar el DMAIC-Lite	Jefe de servicios técnicos

Fuente: (Emcoclavos)

Mantenimiento preventivo:

Es el mantenimiento efectuado a un activo antes de que ocurra una avería y se puede dividir en dos fases: de manera sistemática siguiendo una frecuencia establecida en el software o programada que es fruto de una inspección donde se encontró una anomalía.

El proceso es el siguiente:

Tabla 4. Flujo Mantenimiento Preventivo.

	ETAPA	RESPONSABLE
5.2.1	Si el mantenimiento es sistemático generar las Orden de Mantenimiento del periodo correspondiente.	Planeador de Mantenimiento
5.2.2	Si el mantenimiento es programado, hacer la planeación de la orden.	Planeador de Mantenimiento
5.2.3	Verificar la disponibilidad de los recursos	Planeador de Mantenimiento
5.2.4	Asignar los materiales, herramientas, personal y recursos necesarios para la ejecución de la orden de mantenimiento. Así mismo ordenar la contratación de servicios de terceros, en caso de ser necesario.	Planeador de Mantenimiento
5.2.5	Emitir el Programa de Mantenimiento. (P-4-1-P-01-F06)	Planeador de Mantenimiento
5.2.6	Ejecutar el mantenimiento de acuerdo a procedimientos bajo normas de seguridad industrial	Técnicos de mantenimiento
5.2.7	En el caso de mantenimiento programado hacer entrega formal del trabajo al operario 1 de producción encargado de la máquina o al solicitante. La firma de quien recibe valida la aceptación del trabajo.	Técnicos de mantenimiento
5.2.9	Verificar cambio motivo de parada en el PLC de la máquina	Técnicos de mantenimiento
5.2.10	Registrar tiempos de ejecución en la orden de mantenimiento y novedades suministrando los detalles de ejecución actualizando la hoja de vida del equipo de acuerdo a Instructivo Registro de tiempos a OM en Infomante.	Técnicos de mantenimiento
5.2.11	Quien ejecuta debe firmar y entregar la Solicitud de mantenimiento u Orden de Mantenimiento diligenciada al Planeador	Técnicos de mantenimiento
5.2.12	En caso que durante el trabajo realizado se haya detectado una anomalía que no puede ser solucionada durante la intervención realizada es necesario abrir una solicitud describiendo las actividades pendientes para programar el trabajo dentro de los próximos Planes de Mantenimiento cuando los recursos necesarios y la máquina estén disponibles.	Planeador de Mantenimiento
5.2.13	Validar y actualizar los recursos de la orden de mantenimiento: el registro de mano de obra y repuestos en medio magnético. Archivar los documentos soporte firmados en la hoja de vida física correspondiente a cada equipo.	Planeador de Mantenimiento

Fuente: (Emcoclavos)

Mantenimiento predictivo:

Es el que se realiza a los activos para predecir cuándo puede ocurrir una falla. Generalmente está establecido en las frecuencias programadas en el software de mantenimiento y se hace con personal externo a la compañía, ya que no se cuenta con los equipos ni el personal necesario para esta labor. De los resultados que arroje este tipo de mantenimiento se programan órdenes de trabajo preventivas.

Políticas internas de la compañía:

El personal de mantenimiento trabaja en turnos rotativos:

- Lunes a sábado de 6:00 am a 2:00 pm y de 2:00 pm a 10:00 pm.

Están totalmente prohibidas las horas extras para cualquier trabajo que este programado, si se requieren para un imprevisto deben ser autorizados por el jefe del departamento exclusivamente.

- *Pérdidas*

Una pérdida es la diferencia entre el costo real y el costo ideal. Y para poder saber cuál es realmente el costo de dicha pérdida se tiene que conocer la filosofía cero pérdidas.

Realizar mediciones contra las cero pérdidas es la única manera de evaluar el verdadero rendimiento. ¿Qué significa Cero pérdidas?

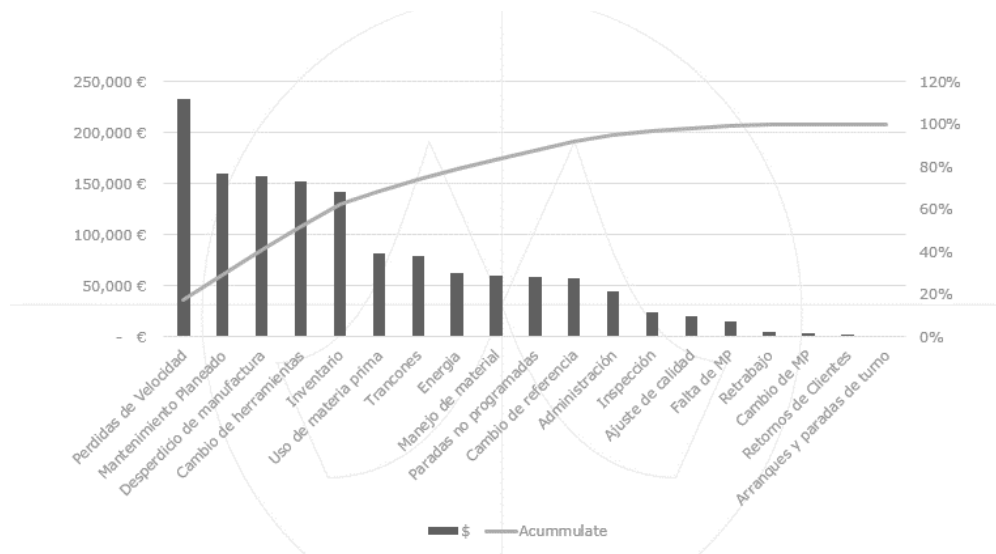
- Correcto la primera vez, todo el tiempo
- El tiempo se utiliza de manera óptima
- 100 % fiable, sin modificaciones ni ajustes
- Los materiales y los productos fluyen solo hacia el cliente
- Sin trabajos duplicados a lo largo de la cadena de suministro
- Las cantidades de producción cumplen con la demanda de los consumidores.

En la gráfica 1 se observa que lo que más genera pérdidas para la compañía son las pérdidas por velocidad, es decir, que las máquinas no trabajan a la velocidad para las

cuales fueron diseñadas con casi € 250.000 al año. En segundo lugar, está el mantenimiento planeado con más de € 150.000 por año, se observa claramente que el mantenimiento planeado es bastante costoso, debido al gran número de cambio de repuestos o se requieren tener en inventario. En tercer lugar, están las pérdidas por desperdicios de manufactura donde juega un papel muy importante la optimización de la materia prima y el ajuste de máquina. Seguidamente están las pérdidas por herramientas e inventarios en almacén con un valor aproximado de €150.000 cada una al año.

A pesar de que existen otras pérdidas, estas cinco ocasionan más del 85% del total de pérdidas de la empresa, es decir es allí donde se deben centrar los esfuerzos para tratar de impactar fuertemente en los indicadores económicos.

Gráfica 1 Pérdidas en planta Emcoclavos

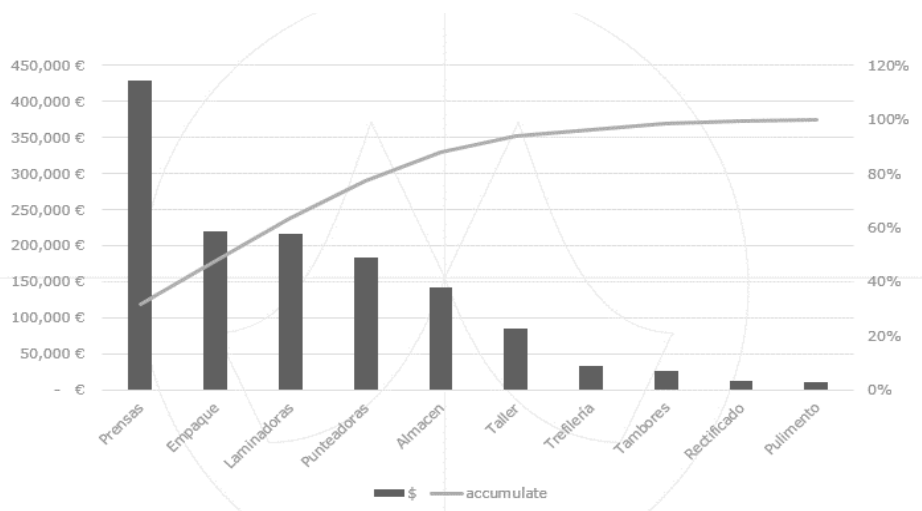


Fuente: Elaboración propia (2018)

En la gráfica 2 se observan todos los procesos de producción que tiene la empresa y refleja la sumatoria total de las pérdidas por sección, este punto es de gran ayuda

pues sirve para identificar cual área es la mejor candidata para ser el área piloto de implementación de mantenimiento autónomo. Entonces, según el árbol de pérdidas el proceso que más genera pérdidas es el de fabricación de clavo prensado (prensas) con cerca de € 430.000 euros al año, luego sigue el proceso de empaque con € 220.000 euros y en tercer lugar laminadoras con cerca de € 215.000 euros por año. Se puede concluir que estas tres secciones generan más del 70% de pérdidas de toda la compañía y en las cuales se debe enfocar más los esfuerzos de la empresa para generar un gran cambio.

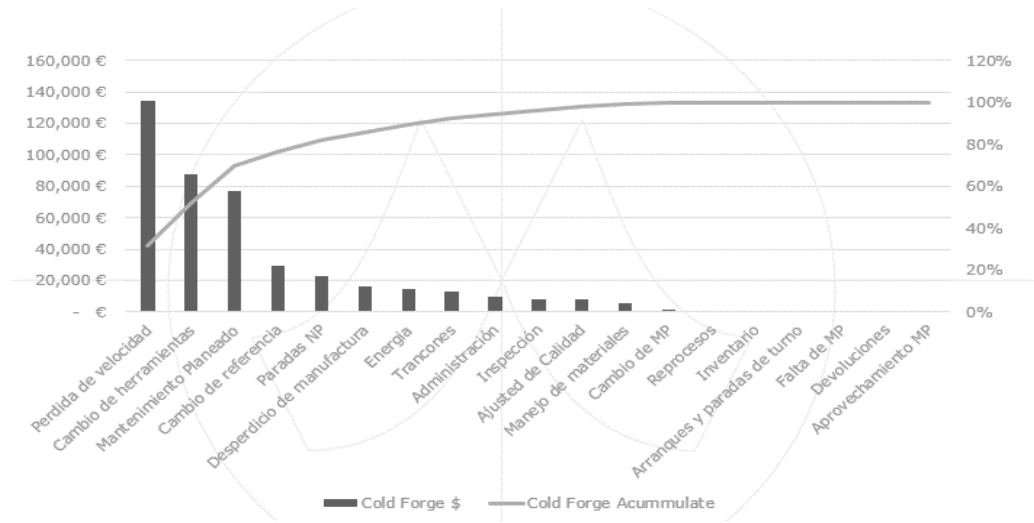
Gráfica 2 Pérdidas por proceso en planta Emcoclavos



Fuente: Elaboración propia (2018)

En la gráfica 3 se indica nuevamente todas las pérdidas, pero esta vez cruzada con la sección que más pérdidas produce en la compañía, dando como resultado que la pérdida de velocidad es la principal fuente de pérdidas, seguido de cambio de herramientas y el mantenimiento programado. Entre estas tres pérdidas suman más del 70% del total de las pérdidas y es en las que realmente se deberían dirigir los proyectos de mejora para que se vea un resultado más evidente.

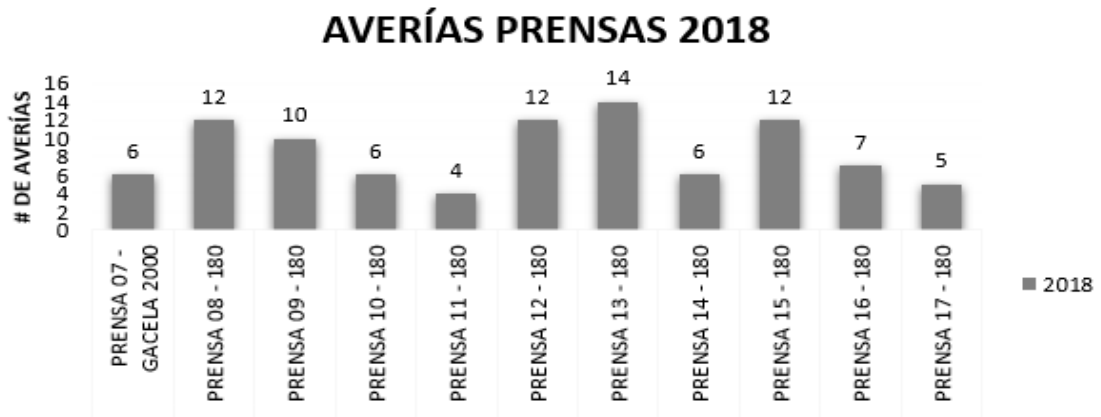
Grafica 3. Perdidas sección de prensas.



Fuente: Elaboración propia (2018)

En la gráfica 4 se representa el número total de averías en la sección de prensas durante lo que va del año 2018 (10 meses), donde claramente se demuestra el total de averías (95), impactando fuertemente en la productividad de la sección.

Grafica 4. Averías Sección prensas año 2018.



Fuente: Elaboración propia (2018)

En la tabla 6 se muestra las máquinas que tuvieron averías en el 2018 en horas en la sección de prensas. Es un indicador que proporciona excelente información cuando

se quiere mejorar el mantenimiento; sirve también para estimar la vida útil de los repuestos, ver que máquinas o componentes son los más confiables y a cuáles hay que prestarles más atención.

Tabla 6. Tiempo Medio entre Fallas (MTTR).

PRENSAS POR ACUMULADO O POR EQUIPO	T.M.P			TIEMPO EN HORAS								
	MTTR SCADA	MTBF SCADA	AFECTACION PRODUCCION	HRS PARADAS CORRECTIVO	#PARADAS NO PLANADAS	# PARADAS INFORMANTE (AVERIAS)	MTBF (MODELO LINEAL)	MTBFi	MTBFo	MTBS	PARTICIPACION CORRECTIVO EN PARADAS	Afectacion a produccion
7	1.80	40.92	4.40	174.47	1109	18	206.83	186.76	2.28	2.63	21.72%	4.40%
8	1.95	71.12	2.74	126.45	1655	13	333.93	301.04	1.76	1.88	10.31%	2.74%
9	0.84	93.50	0.90	36.93	1309	12	305.83	279.47	1.73	1.84	3.17%	0.90%
10	2.37	61.33	3.87	147.18	1456	16	215.91	194.55	1.58	1.58	12.83%	3.87%
11	0.71	16.66	4.25	153.58	1220	16	202.78	181.82	1.73	1.69	13.02%	4.25%
12	2.10	76.29	2.76	117.78	1899	12	317.43	283.55	1.38	1.30	8.79%	2.76%
13	3.47	33.11	10.47	381.23	1374	19	172.18	144.51	1.52	1.24	24.38%	10.47%
14	3.32	93.95	3.53	132.80	1376	9	371.74	321.29	1.71	1.68	12.86%	3.53%
15	1.03	93.42	1.10	47.33	1648	11	364.18	329.88	1.69	1.84	4.85%	1.10%
16	0.59	84.72	0.70	28.93	1400	9	425.28	379.86	1.86	2.04	2.97%	0.70%
17	0.25	48.88	0.52	20.68	1269	7	516.09	448.99	1.96	2.16	2.38%	0.52%
TOTAL PRENSAS	1.58	50.98	3.09	1367.38	15,765.00	142	283.84	272.29	1.73	1.78	11.14%	3.09%

Fuente: Elaboración propia (2018)

6.2 Análisis de la información

6.2.1 Análisis pérdidas

La empresa en los últimos años elabora un árbol de pérdidas donde se traducen todos los resultados de los indicadores en dinero, para dimensionar el costo de las pérdidas generadas. Las cuales se agrupan en tres categorías:

Tabla 5. Pérdidas por categorías.

Tabla de Pérdidas	
Pérdida de Equipos	Averías
	Paradas/Atascos/ Cortos
	Cambiar Sobre
	Cambio de Material
	Mantenimiento Planificado
	Cambios de Herramientas

	Ajuste de Calidad Pérdida de velocidad Re trabajo de proceso y defectos Chatarra de Fabricación La falta de Materiales Inspección y pruebas
Poder del Hombre/ Pérdidas del método	Junta de directivos Manejo de materiales Inventario
Material y Energía	Energía Devoluciones del Cliente Rendimiento del proceso

Fuente: Elaboración propia (2018)

Los datos recolectados se obtuvieron de varios software de gestión implementados por la empresa, entre los cuales se encuentran: Scada, infomante, job boss, macola, etc. Esta información es procesada en hojas de datos y como resultado final se traduce en cuantificar las pérdidas. Todo esto con el fin de encontrar una manera de eficiente y eficaz de reducir costos y generar mejores oportunidades en la calidad de los procesos para obtener mejores resultados. Las pérdidas se evalúan de general a lo particular. En primer lugar, se revisan cuáles son las pérdidas que más impactan en la empresa y se elabora un diagrama de Pareto.

El árbol de pérdidas nos permite analizar con detalle la causa raíz y el tipo de solución que se debe implementar en la cadena de producción para garantizar la disponibilidad en cada proceso.

En el gráfico 3, se puede observar todos los procesos de producción que la empresa ha implementado y la sumatoria de las pérdidas por sección, esta información nos sirve

para identificar los procesos más importantes en la cadena de producción y en los cuales vamos a implementar el plan piloto del mantenimiento autónomo. Entonces, según el árbol de pérdidas el proceso que más genera pérdidas es el de fabricación de clavo prensado (prensas) con cerca de €400.000 al año, luego continúa el proceso de empaque con €220.000 y en tercer lugar laminadoras con cerca de €215.000 por año. Se puede concluir que estas tres secciones generan más del 70% de pérdidas en los procesos de producción de la compañía y en las cuales se requiere un análisis detallado para lograr mejores resultados.

6.2.2 Análisis de averías

En el año 2018, se presentaron un gran número de averías en la línea de producción de clavo prensado, que se hubieran prevenido realizando tareas básicas de mantenimiento como listas de chequeo o inspecciones periódicas. Las máquinas que más averías tuvieron fueron las prensas #8, #12, #13 y #15, con más de la mitad del total de las averías. Las pérdidas por averías en esta sección suman alrededor de €30.000, es decir, cerca de \$110.000.000.

Por otro lado, existen algunas máquinas con poco número de averías o que inclusive no han presentado ninguna avería. Este dato de averías sirve para llevar un histórico de cuantas fallas se tenían antes de iniciar la implementación del Mantenimiento Autónomo y poder comparar los resultados para el otro año en el mismo periodo de tiempo.

Además, las máquinas con mayor número de paros inesperados se pueden tomar como máquinas piloto para la implementación y así poder ver más claramente la mejora.

6.2.3 Análisis tiempo medio entre fallas (MTBF)

Este indicador se puede tomar como punto de partida de cuantas averías se presentaban antes de empezar a implementar el mantenimiento autónomo y cuantas se presentan luego de desarrollar dicha metodología, para poder visualizar si realmente la eficiencia de las máquinas mejora al dedicar le un tiempo establecido para hacer labores de mantenimiento autónomo, o en caso contrario, replantear el modo de hacer ciertas actividades de mantenimiento.

6.3 Propuesta(s) de solución

Con el fin de optimizar los procesos de producción de la línea prensado en la empresa Emcoclavos S.A.S., se plantea la siguiente propuesta de solución la cual busca mejorar la productividad de cada uno de los equipos y disminuir los tiempos muertos de las máquinas, además ser una herramienta de apoyo para que las pérdidas por mantenimiento planeado se reduzcan considerablemente. Para esto se propone implementar un programa de mantenimiento autónomo enfocado a los operadores y personal de mantenimiento encargados del manejo de la maquinaria.

A pesar de que el mantenimiento autónomo se desarrolla en 7 pasos, en esta investigación se incluirá un paso adicional (paso 0), en este paso se propone algunas actividades que buscan dar una mayor solidez en la implementación de los demás pasos y preparar al personal de planta para este nuevo modelo.

6.3.1 Paso 0: entrenarse y prepararse para la restauración.

Es importante definir un área piloto donde se iniciará la implementación del mantenimiento autónomo, para esto se debe analizar cuál es la sección de la empresa donde se presentan el mayor número de pérdidas o donde se tiene mayor

potencial de mejora, esto con el fin de los resultados sean más visibles y se vea un mayor cambio. No es conveniente hacerlo en toda la empresa pues abarcaría mucho tiempo, espacio y recurso económico, además se pueden cometer algunos errores o inconvenientes que se pueden ir corrigiendo a medida que se replique en otras secciones. Algunas de las actividades del paso 0, al que se decide llamar entrenarse y prepararse para la restauración, son:

- Establecer los límites de la restauración, es una ayuda visual utilizada para identificar el alcance de las actividades iniciales de Mantenimiento Autónomo, así como las zonas de limpieza para que se realice de manera efectiva y eficiente.
- Identificar los riesgos de seguridad, el primer aspecto a verificar es que los procedimientos LOTO (Lock Out Tag Out; Bloqueo y Tarjeteo) están disponibles y sean los adecuados, esto incluye:
- Verificar que todas las fuentes de energía (electricidad, neumática, hidráulica, mecánica, química, o cualquiera otra fuente de energía) se pueden aislar y bloquear. Verificar que todos los dispositivos LOTO (candados, cierres, etc....) están disponibles. Verificar que la documentación de entrenamientos es la apropiada y que explica las diferencias entre el personal autorizado y el personal afectado, así como las instrucciones actualizadas de cómo bloquear los equipos.
- Verificar que se han realizado los respectivos entrenamientos y que se tiene constancia por escrito de la participación.
- Antes de iniciar cualquier trabajo o actividad en la máquina, es importante asegurar que todo el mundo es consciente y se le ha informado de los puntos de

seguridad del equipo, así como qué hacer para prevenir posibles eventos de riesgo. Para cumplir con estos requisitos, se tienen tres herramientas que se desarrollarán y utilizarán durante la actividad: Mapa de Seguridad, Análisis de Riesgos del Proceso (ARP) y Análisis de Riesgos por Oficio (ARO) en la actualidad y bajo GTC45 es reconocido como Identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos (IPEVR). Es importante resaltar que la compañía cuenta con la certificación de la norma OHSAS 18000, por lo tanto, tiene una matriz de riesgos bastante completa donde están identificados los peligros, evaluados y valorados los riesgos. Esta matriz está basada en la norma GTC45 y es difundida periódicamente al personal según corresponda, sin embargo, muchas de estas actividades son nuevas y no están contempladas dentro de la matriz de riesgos, siendo una oportunidad de mejora.

- Elaborar el mapa de limpieza.
- Asignar los equipos de personas a las áreas que se van a limpiar.
- Identificar y organizar todas las herramientas e insumos, hay que asegurar que se dispone de las herramientas correctas y suministros o componentes disponibles para facilitar las actividades de Mantenimiento Autónomo en futuros pasos. Primero, definir qué materiales se necesitarán para realizar la limpieza, inspección y lubricación en la unidad operativa. Realizar una lista. Después, organizar estos elementos en un carro, tablón de siluetas, etc.... aplicando la metodología de 5S. El tiempo es valioso, y más cuando está parada la máquina, por lo tanto, hay que estar preparado para todos los posibles escenarios y contar con las herramientas y suministros correctos.

- Tomar las fotos del “Antes”, se hacen estas fotos con el fin de mostrar la mejora, identificar “tesoros”, facilitar medios de entrenamiento/aprendizaje de oportunidades. Al tomar las fotos se recomienda: hacerlas a cierta distancia de la máquina para mostrar el alcance completo. (recordar esta misma posición para hacer las fotos del “después”, así se puede mostrar exactamente el comparativo “antes” / “después”), no hay que tomarles fotos a todas las anomalías, solamente hacer fotos de los hallazgos clave o de las anomalías aprendidas que serán valiosas en el futuro. Todos los integrantes del equipo de dirección deberían tomarse una foto trabajando en la máquina.
- Planear la fecha, hora y duración del evento mantenimiento autónomo con producción y operaciones.
- Los tableros de comunicación del Mantenimiento Autónomo se usan para:
 - ✓ Explicar la “historia” de las actividades del equipo de Mantenimiento Autónomo.
 - ✓ Comunicar
 - ✓ Mostrar el estatus de los proyectos
 - ✓ Aumentar la responsabilidad y empoderamiento
 - ✓ Divulgar información
 - ✓ Reconocimiento

Para la implementación exitosa del pilar de mantenimiento autónomo, primero se debe conformar un equipo autónomo (entre 6 o 7 integrantes), debe ser un equipo con personal muy proactivo y comprometido a sacar adelante este proyecto, de diferentes áreas de la compañía, la persona que los dirija debe empoderarse del tema, motivar

constantemente a su personal y que poseer cualidades de liderazgo y experiencia en la compañía, para conformar el equipo debe conocer a su personal muy bien; también es bueno contar con un responsable del departamento de mantenimiento. Los integrantes deben reunirse por lo menos una hora a la semana, se deben realizar reuniones de trabajo efectivas con reglas claras especificando el sitio de reunión, hora, fecha y roles dentro del pilar de cada uno de sus integrantes.

Se tendrán en cuenta siete pasos los cuales se van a explicar de manera clara, práctica y detallada, también se darán a conocer algunas actividades que irán desarrollándose a medida que los pasos se vayan implementando. “Dime y olvidaré, enséñame y recordaré, involúcrame y aprenderé” Benjamín Franklin.

6.3.2 Paso 1: restaurar, inspeccionar y entender el equipo

Restablecer las condiciones de funcionamiento de los equipos como “si fueran nuevos”. Mientras se organiza el área de trabajo se van identificando anomalías, eliminando fuentes de contaminación, familiarizando con la máquina y su funcionamiento, y entendiendo que limpiar es “inspeccionar”. Para esto se debe programar un día de la gran limpieza donde se desarrollarán algunas actividades como:

- Bloquear todos los equipos involucrados, hay que asegurar que todos los equipos están bloqueados por todos los integrantes del evento, asegurar que todos los puntos de bloqueo funcionan correctamente antes de iniciar la restauración, ¡no asumir que el bloqueo es correcto... se debe verificar!
- Tomar fotos adicionales del “antes”, si es necesario, seguramente la mayoría de las fotos fueron antes de bloquear la máquina, ahora se tiene la oportunidad de ir

más profundo y tomar fotos sin las protecciones de máquina, a la vez que se van identificando anomalías.

- Realizar la restauración de la máquina (Limpiar es “Inspeccionar”)
- Organizar el área de trabajo y eliminar elementos innecesarios (5S), separar y simplificar.
- Remover contaminantes (Suciedad, polvo, basura, etc.)
- Identificar las anomalías: Fuentes de contaminación, Áreas de difícil Acceso, fallas menores, etc.
- Registrar las anomalías (Tarjetas Rojas) para su seguimiento y gestión
- Plantear posibles contramedidas
- Iniciar las reuniones de “Post Restauración”
- Realizar Auditoría paso 1 de Mantenimiento Autónomo.

Algunos beneficios de la restauración son mejorar la fiabilidad y capacidad de los equipos, incrementando la motivación y reduciendo el “apaga incendios”, mejorando los niveles de servicio y bajos costos. Utilizar la restauración como una oportunidad de entrenamiento para crear “sensores humanos” y así prevenir la necesidad de volver a restaurar las máquinas en un futuro previene el deterioro forzado y reduce las operaciones que no agregan valor.

Para una buena inspección se recomienda observar la máquina en funcionamiento, escuchar ruidos anómalos, oler olores inusuales, observar cualquiera cosa fuera de lo normal y sentir vibraciones, sobrecalentamiento, etc. Una vez parada la máquina, continúe observando, utilizar linternas para identificar virutas de metal y fugas de

fluidos, buscar componentes rotos dentro, encima y debajo de la máquina. Documentar los defectos de la observación.

La restauración consiste en limpiar y devolver la máquina a las condiciones como si “fuera nueva” mientras se buscan anomalías y fuentes de contaminación. Empieza el proceso de identificación de contramedidas potenciales que se podrían aplicar a estas anomalías. Cuando se limpia e inspecciona se necesita abrir todos los compartimentos y literalmente tocar e inspeccionar completamente toda la unidad operativa.

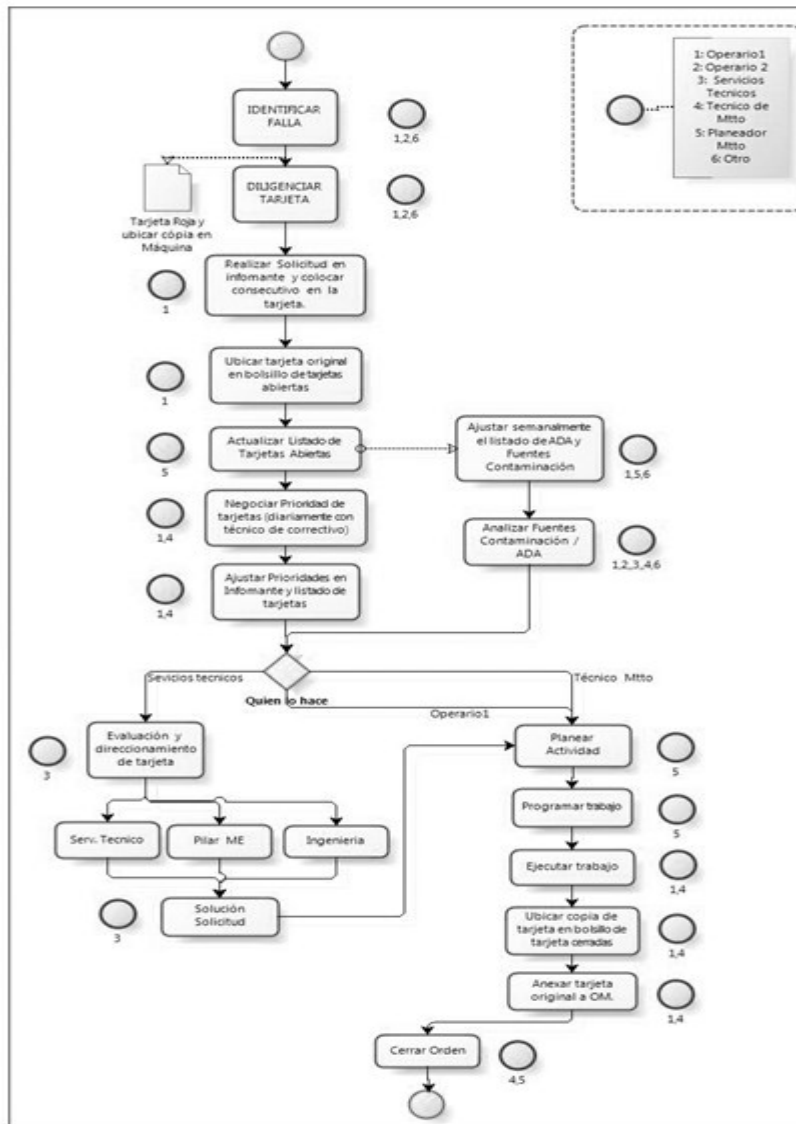
Algunos de los objetivos relacionados con la eliminación de anomalías pueden ser:

- % de “anomalías” identificadas que se han corregido o que tienen una contramedida implantada antes del final del paso 1
- % de defectos de calidad y seguridad corregidos al finalizar el paso 1.
- % de elementos innecesarios o que no se utilizan corregidos al finalizar el paso 1.
- % de fuentes de contaminación y áreas difíciles identificadas... Estos temas se abordarán en el paso 2.

Proceso de tarjetas rojas

Es el proceso de identificar las anomalías con algún tipo de señalización (normalmente una tarjeta Roja) para indicar que algo necesita ser arreglado o mejorado. Las señalizaciones pueden ser colocadas directamente en la fuente del problema sobre la máquina o se pueden registrar en algún tipo de sistema de recopilación/seguimiento.

Ilustración 3. Mapa de proceso Tarjetas de control



Fuente: Elaboración propia (2018)

Las señalizaciones se utilizan para marcar lo siguiente:

- Contaminación
- Áreas difíciles de limpiar
- Áreas difíciles de lubricar

- Áreas difíciles de Inspeccionar
- Áreas con potencial falla

Reunión post limpieza:

Recolección de las tarjetas rojas y registrarlas en un formato para su seguimiento.

Algunas tarjetas pueden ya estar resueltas (durante la actividad) y realice un “mapa” de tarjetas, podría ser de ayuda. Documente todas las áreas de difícil acceso, documente todas las fuentes de contaminación, documente todas las contramedidas potenciales, establezca estándares provisionales de limpieza y discuta y documente las lecciones aprendidas (podría utilizar LUP’s).

Auditoría paso 1

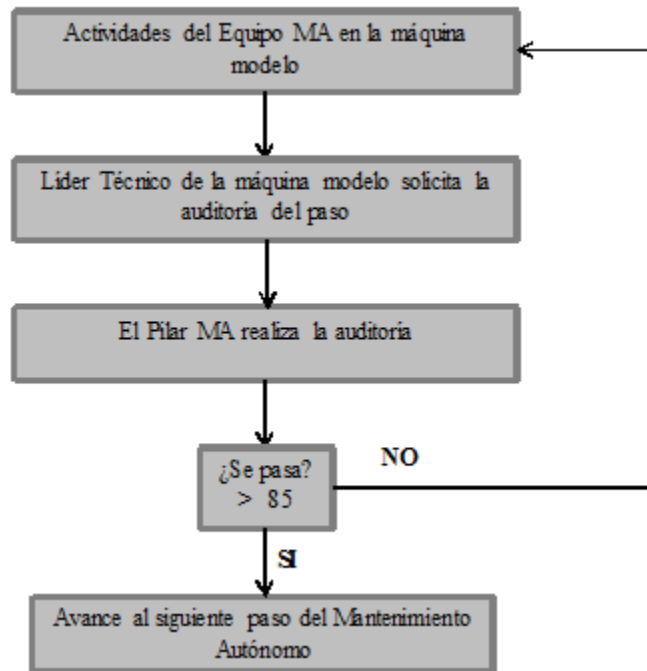
El objetivo es identificar aquellas áreas que no cumplen con los criterios del paso 1, antes de iniciar el Paso 2

Pautas de la auditoría:

- Es necesario observar la máquina en funcionamiento antes de parar la línea para hacer la auditoría junto con el operador.
- Antes de ir a la planta asignar a los integrantes del equipo MA las distintas partes de la auditoría.
- Utilizar un formato de seguimiento de anomalías y la lista de chequeo para la inspección del equipo.

Proceso de la auditoría:

Ilustración 4. Proceso ejecución auditoría



Fuente: (Suzuki, TPM en Industrias de Proceso, 1995)

6.3.3 Paso 2: Identificar el deterioro e implementar soluciones

El propósito de este paso es abordar las causas raíz del deterioro y de las áreas difíciles, identificadas en el Paso 1, y desarrollar soluciones o contramedidas para prevenir las reincidencia. Para ello se plantean algunas actividades a desarrollar:

- Determinar las causas raíz de las anomalías y deterioro.
- Desarrollar e implementar contramedidas para prevenir y/o contener las anomalías y el deterioro y hacer las áreas difíciles más accesibles (replicar de otras máquinas).
- Implementar controles visuales para mejorar el mantenimiento e inspección, así como para designar los rangos de operación.

- Crear un calendario de implementación para las contramedidas y los controles visuales.
- Entrenar al personal en el proceso de contramedidas.
- Realizar auditoría de Paso 2 Mantenimiento Autónomo.

El Mantenimiento Autónomo está centrado en eliminar el deterioro acelerado, el deterioro puede ocurrir debido a la contaminación, los tipos más comunes de contaminación son el polvo, el agua, el exceso de lubricación. El paso 2 tiene por objetivo eliminar o contener estas fuentes de deterioro ya que cada tipo de equipo tendrá unas fuentes de contaminación únicas.

Las áreas “difíciles de” son aquellas zonas del equipo que son difíciles de acceder para realizar las tareas diarias, semanales, mensuales y requieren un tiempo adicional debido a la inaccesibilidad. Si las áreas “difíciles de” no se eliminan o no se les presta atención, se convierten en un reto para mantener los beneficios que el equipo haya logrado a través del proceso del Mantenimiento Autónomo. Primero hay que trabajar en la contaminación y el deterioro, si la contaminación es eliminada, las áreas difíciles pueden volver irrelevantes.

Hay varios tipos de contramedidas que podrían implementarse durante el paso 2 con el objetivo de eliminar, reducir el impacto de, o contener la contaminación que contribuye al deterioro. Una contramedida es una acción que se implementa para eliminar o reducir una anomalía o fuente de contaminación (deterioro) o un área de difícil acceso. Puede requerir el rediseño del equipo y/o de los métodos.

El personal debe ser entrenado y certificado en las nuevas contramedidas implementadas por Mantenimiento Planeado (MP), e incorporar en los materiales de entrenamiento:

- Árbol de elementos de Habilidades
- Lecciones de Un Punto (LUP)
- Listas de Verificación
- Auditorías

Controles visuales:

Un control visual es cualquier dispositivo que permite la fácil detección de las anomalías de la máquina, haciendo una zona o parte de la máquina obvia a “un vistazo”.

6.3.4 Paso 3: Establecer los estándares de limpieza, inspección y lubricación.

El propósito de este paso es eliminar las fallas del equipo a través de métodos de limpieza, inspección y lubricación consistentes. Y para ello se plantean las siguientes actividades:

- Establecer los estándares de limpieza incluyendo: áreas críticas para limpiar, frecuencia, método, tiempo necesario y resultados esperados y responsabilidad.
- Facilitar los materiales necesarios para realizar las limpiezas planeadas (tableros de elementos de limpieza con siluetas).
- Crear un mapa de limpieza y/o una lista de verificación detallada.
- Crear un gráfico de seguimiento para controlar el tiempo de limpieza.
- Obtener y/o desplegar los estándares de lubricación y mapa (Pilar MP).
- Entrenar al personal en los métodos definidos.

- Auditar para determinar el cumplimiento con los estándares de limpieza y lubricación.
- Realizar auditoría Mantenimiento Autónomo Paso 3.

Estándar de limpieza:

El estándar de limpieza es un método estandarizado para limpiar una máquina o equipo. Incluye el procedimiento, ubicación de los artículos de limpieza, frecuencia de limpieza, y responsables. Para elaborar el estándar de limpieza no hay que reinventar la rueda, simplemente hay que tomar como referencia los manuales de la máquina y los mapas de limpieza y documentación de actividades anteriores a los eventos del Mantenimiento Autónomo y después revisar con los operarios y expertos en la máquina.

Estándar de lubricación:

Es un método estandarizado para lubricar una máquina o equipo. Incluye el tipo de lubricante requerido, ubicación de los elementos de lubricación, frecuencia y responsable. Para elaborar un estándar de lubricación se empieza por consultar y tomar como referencia los manuales de la máquina, proveedores de lubricantes, evaluaciones, recomendaciones, sistemas y herramientas. Para esto es bueno crear un código de colores que identifique cada tipo de lubricante.

Para que los operarios puedan hacer las funciones de lubricación correctamente deben ser formados y entrenados por Mantenimiento Planeado (MP), los operarios necesitarán ser entrenados en conceptos básicos de lubricación. Para estos entrenamientos se puede utilizar como herramienta las LUP's o también se pueden desarrollar algunos módulos

de entrenamiento donde se puedan hacer prácticas de problemas reales presentados en las máquinas.

Se deben realizar auditorías con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los estándares de limpieza, lubricación e inspección, desarrollar un cuestionario de auditoría correspondiente a cada estándar.

Realizar auditoría paso 3.

6.3.5 Paso 4: Entrenar a los operadores en la detección y corrección de anomalías.

Este paso ya corresponde a la fase dos del mantenimiento autónomo, alargar la vida útil del equipo, con la implementación del paso 1 al 3 se evidencian muchas mejoras, sin embargo a partir del paso 4 en adelante se llegara a un nivel óptimo de la empresa donde muchas tareas que hacían los técnicos de mantenimiento pasaran a ser realizadas por los operarios de producción, mientras los técnicos de mantenimiento dedicaran la mayoría de su tiempo al análisis de averías y causa raíz de fallas, o a proponer y desarrollar ideas de mejora.

El propósito del paso 4 de mantenimiento autónomo es proporcionar a los operarios el conocimiento y habilidades necesarias para identificar y corregir anomalías antes de que se produzcan defectos o averías de forma que los técnicos dispongan de más tiempo para dedicarse a tareas especializadas de mantenimiento o resolución de problemas. Para que esto se cumpla se plantean las siguientes actividades:

- Identificar las deficiencias (gaps) de entrenamiento.
- Identificar y entrenar a los “educadores” (Mantenimiento Planeado) para transferir el conocimiento.

- Diseñar los contenidos, materiales y ayudas del entrenamiento.
- Crear un calendario de entrenamientos.
- Entrenar a los operarios en los conceptos básicos de la máquina.

Para identificar las deficiencias (gaps) hay que entender cuáles son las anomalías que ocurren actualmente, determinar qué tipo de entrenamiento es más beneficioso para los operarios en pro de detectar anomalías, estos entrenamientos pueden ser internos o externos (proveedores de equipos). Crear los módulos para los entrenamientos de los operarios es de gran ayuda por si más adelante se requieren hacer refuerzos o entrenar a personal nuevo en estas competencias.

Los módulos de entrenamiento deben ser dirigidos a pérdidas, donde primero se deben identificar las principales pérdidas, luego identificar los equipos que potencialmente causan las pérdidas, para después desarrollar los entrenamientos para corregir las oportunidades. La transferencia de tareas de mantenimiento requiere centrarse en las tareas que pueden ser transferidas de mantenimiento a los operarios, así mantenimiento se puede enfocar en trabajos de mayor nivel técnico.

Algunos de los módulos de educación sugeridos son: ajustes, lubricación, filtros y aceites, sistema de fijación, electrónica, motores, componentes mecánicos, bombas y ventiladores, válvulas y medidores, neumática, juntas y empaquetaduras, entre otros. Los entrenamientos deben ser liderados por técnicos. Todos los entrenamientos deben llevar un cronograma para verificar cuando se van a hacer y los temas a tratar.

6.3.6 Paso 5: Aplicación práctica de los métodos.

El paso 5 corresponde a la fase 3 del mantenimiento autónomo, implementar un mantenimiento periódico, donde se busca transferir muchas de las actividades que los técnicos de mantenimiento hacían. También que algunas de las anomalías presentadas en las máquinas sean resueltas satisfactoriamente por los operarios de producción. El propósito de este paso es los operarios apliquen sus nuevas habilidades utilizando métodos estandarizados y técnicas de inspección, para ello se sugieren las siguientes actividades:

- Realizar inspecciones en “equipo” (técnicos de mantenimiento junto con el equipo de la máquina) para identificar anomalías y otros problemas.
- Crear estándares de inspección y listas de verificación (checklist).
- Desarrollar un sistema para auditar la inspección.
- Modificar las máquinas para facilitar la inspección.
- Realizar inspecciones (operarios) según el calendario.

Durante la limpieza, inspección y lubricación es vital que los operarios inspeccionen también con el objetivo de sostener el trabajo de Mantenimiento Autónomo, los operarios deben estar involucrados en las rutinas de inspección de sus equipos utilizando los controles visuales y los sentidos para identificar oportunidades.

Lista de verificación de la inspección.

Es un método estandarizado para inspeccionar una parte de la máquina. Incluye el método utilizado para inspeccionar, ubicación de los puntos de inspección, frecuencia y responsable. En este paso se debe auditar que se cumplan las 4C's:

- Verificar el **Cumplimiento**
- **Comunicar** la visión y objetivos. Por qué la auditoría es importante para la operación.
- Crear **Capacidades** a través de la educación.
- Buscar las próximas oportunidades de **Mejoramiento Continuo** con las personas que realizan el trabajo.

6.3.7 Paso 6: Estandarizar mantenimiento autónomo en toda la planta.

El paso 6 y 7 corresponden a la fase 4 del mantenimiento autónomo, donde se busca que todos los procesos sean estandarizados y que se mejoren continuamente. El propósito del paso 6, estandarizar mantenimiento autónomo en toda la planta, es crear áreas eficientes de trabajo en toda la planta para lograr los máximos beneficios del Mantenimiento Autónomo y para la correcta implementación se plantean las siguientes actividades de estandarización:

- Recolección y registro de datos.
- Estándares y procedimientos operativos.
- Procedimientos de trabajo.
- Inspección de los equipos.
- Estándares de calidad.
- Gestión del material, se debe definir áreas de almacenamiento y cantidades, seguir con la expansión y verificar los métodos de 5S.

La estandarización es un sistema que crea consistencia en todos los aspectos de un proceso, cargos, oficios o habilidad. Crea un entorno en el cual un proceso es realizado

de la misma forma, todas y cada una de las veces, por lo tanto, nos permite hacer un seguimiento de los temas de calidad de forma más efectiva.

Procedimientos de trabajo

Asegura que los procesos de Desarrollo de Habilidades se van actualizando a medida que el equipo de Mantenimiento Autónomo progresa y mejora. También asegura que el proceso de gestión del cambio sea efectivo y eficiente.

Asegura que, durante la expansión del Mantenimiento Autónomo por toda la planta, cada equipo de despliegue utiliza los formatos y modelos estándares:

- Estándares de limpieza.
- Estándares de lubricación.
- Estándares de inspección.
- Lista de verificación (checklist) Mantenimiento Autónomo.
- Auditoría Mantenimiento Autónomo.
- Tableros de comunicación.
- Formatos generales.
- Auditorías /estándares de calidad.
- Hojas de especificaciones.

La estandarización de las especificaciones de calidad busca que las especificaciones de máquina estén referenciadas a las instrucciones de trabajo de los técnicos para asegurar productos confiables. Los estándares ISO se aplican para el control de documentos.

En resumen, lo que busca el paso 6 es estandarizar:

- Recolección y Registro de datos.
- Procedimientos y estándares de operación.
- Gestión de Materiales.

6.3.8 Paso 7: Mejora continua del proceso.

El propósito del paso 7 es mejorar y sostener las actividades Mantenimiento Autónomo generadas en los pasos 1-6 a través de desafiar continuamente al personal para considerar Mantenimiento Autónomo diario como el centro del sistema de gestión diaria y crear o mantener un ambiente propicio para la mejora continua. Para la implementación efectiva de este paso se recomiendan las siguientes actividades:

- Establecer un proceso consistente de reconocimiento.
- Mantener reuniones regulares para abordar la mejora continua de los métodos del Mantenimiento Autónomo (reunión anual de planeación).
- Lluvia de ideas para crear metas nuevas y desafiantes.
- Reforzar la importancia del Mantenimiento Autónomo en la reducción de costos globales de la planta.

6.3.9 Implementación 5S's

Las 5S's es un proceso utilizado para organizar y mantener el entorno del lugar de trabajo en orden para mejorar la eficiencia y seguridad, reducir el desperdicio y eliminar las actividades que no generan valor. Es la herramienta fundamental para que el mantenimiento autónomo de buenos resultados y se mantenga a través del tiempo.

¿Por qué implementar 5S's?

- Mejora la organización, el flujo de proceso y la limpieza del área de trabajo.
- Aumenta el espacio de trabajo al quitar elementos que no son necesarios
- Disminuye el tiempo de trabajo que no agrega valor, buscando herramientas y elementos necesarios para el trabajo (eficiencia y manipulación de materiales).

Paso 1: Separar lo necesario de lo innecesario (Seiri)

- Identificar los límites de 5's
- Clasificar según el criterio, El objetivo no es tirar todo lo que se pueda para evitar organizarlo
- Sacar los elementos “innecesarios” del área
- Realizar la limpieza inicial
- Hacer fotos del antes
- Crear el Tablero de actividades

Como principio clave para implementación de 5S's de debe hacer una limpieza inicial que tiene como propósito reducir el desorden, incrementar la claridad visual (detectar anomalías rápidamente), eliminar riesgos de seguridad, establecer un entorno “limpio” de trabajo, mejorar la moral, establecer expectativas y crear el punto de partida, lo que “debería ser”.

Paso 2: Simplificar. Determinar un lugar para cada cosa y poner cada cosa en su lugar (Seiton).

- Organizar el área de trabajo
- Crear manifiestos cuando sea necesario
- Establecer las áreas de “uso común”

Organizar los elementos necesarios comunes:

1. El equipo de despliegue crea un plan de organización
 - Listar los elementos “necesarios”
 - Lograr el consenso
2. Organizar la identificación de los elementos “necesarios”
3. Crear un manifiesto para la recuperación rápida de los elementos “necesarios”
 - Documentar la ubicación de los objetos

Paso 3: Sistematizar. Desarrollar un proceso “visual” que permita que la inspección sea obvia, “de un vistazo”.

- Etiquetar los objetos “necesarios”
- Implementar controles visuales
- Crear Lecciones en un punto
- Realizar inspecciones (barridos visuales)

El principal beneficio del control visual radica en el mejoramiento del flujo de información relevante, y en la estandarización de la comunicación.

- ✓ Convertir el sitio de trabajo en un lugar seguro, limpio y ordenado, aprovechando mejor el espacio y mejorando la eficacia de las operaciones.
- ✓ Mantener todo en óptimas condiciones, de modo que cuando alguien necesite utilizar algo, esté listo para su uso.

- ✓ Crear y consolidar hábitos de limpieza encaminados a generar un entorno de trabajo más cómodo y agradable.
- ✓ Mejorar la calidad
- ✓ Contribuir al orden y la organización.
- ✓ Mejorar el tiempo de respuesta

Paso 4: Estandarizar. Desarrollar métodos comunes para la consistencia (Seiketsu).

- Determinar los mejores métodos (estandarizar los procedimientos)
- Definir cantidades necesarias.
- Auditar el cumplimiento con el sistema
- Implementar / hacer seguimiento de las acciones correctoras para las discrepancias.

Las auditorías son importantes porque dan una medida, una valoración, nos dice si estamos o no en cumplimiento con el sistema e identifica áreas con oportunidad de mejora. Las mejores prácticas para una auditoría son: determinar el propósito y el proceso a seguir, crear participación como equipo, identificar los elementos a auditar, determinar la frecuencia, determinar el responsable, decidir el método de puntuación y decidir cómo seguir las discrepancias.

Paso 5: Sostener. Mantener los beneficios y mejorar continuamente (Shitsuke).

- Medir y analizar los resultados
- Implementar mejoras
- Actualizar los estándares según sea necesario

- Replicar a las otras áreas

Las 5S deben convertirse en el “estándar” y formar parte del trabajo diario de todo el personal, los procedimientos 5S deben ser “la manera de trabajar”, no tan solo otra tarea que completar, las auditorías y las mediciones continuas aseguran el mantenimiento de los beneficios.

Si se detectan discrepancias...Tienen que ser abordadas inmediatamente. La investigación debería realizarse para entender por qué el “sistema” falló. Si se presentan oportunidades por si solas que mejorarán el sistema, el equipo completo debe lograr el consenso, los estándares deben ser actualizados, y las auditorías deben actualizarse para reflejar los cambios.

7 Impactos esperados/generados

El resultado esperado después de haber implementado correctamente el mantenimiento autónomo en la sección de clavo prensado es que para el año 2020 en Emcoclavos S.A.S. se reduzcan las paradas por averías en un 30%, aumentando considerablemente la disponibilidad de la maquinaria y la calidad del producto, involucrando a todo el personal de la empresa y desplegando la herramienta de Mantenimiento autónomo gradualmente en todas las líneas de producción, generando un ambiente seguro y participativo para todo el personal.

El mantenimiento planeado también se verá beneficiado al tener menos paradas por mantenimientos correctivos, podrá ejecutar y mejorar el programa de mantenimiento preventivo, hacer una mejor gestión de repuestos y dedicar un espacio para el análisis de

averías y causa raíz de las fallas. Muchas de estas mejoras se verán reflejadas en la disminución en los costos de mantenimiento del 5% aproximadamente.

La eficiencia global de la planta (OEE) se afectará positivamente pasando de estar en un 62% a un 65% en el primer año, y en el segundo año aumentará al menos otros 2 puntos porcentuales. Gracias al aumento del tiempo disponible de producción, disminución de averías, proyectos de mejora para optimizar la velocidad y el rendimiento, proyectos para reducir el desperdicio y mejorar la calidad de los productos.

El clima laboral mejorará, el personal operativo tendrá una mayor responsabilidad y estarán involucradas algunas decisiones de la compañía, haciéndolos parte del proceso, las personas estarán más motivadas y enfocadas con los resultados señalados. Los operarios ampliarán sus conocimientos y habilidades y se incluirán en un plan de reconocimiento y recompensa.

El personal de mantenimiento se convertirá en personal experto encargándose de la ejecución de trabajos complejos o que requieran mayor grado experticia, garantizando así la confiabilidad de los equipos. Al tener más tiempo disponible se lanzarán proyectos de análisis de fallas, obteniendo que las averías no sean tan frecuentes y/o ahorros significativos en el consumo de repuestos u optimización de algún proceso.

7.1.1 Presupuesto

Para la implementación efectiva de la metodología se requiere la asesoría de un profesional experto en el desarrollo e implementación del mantenimiento autónomo, estará encargado de capacitar a todo el personal de la sección y realizar seguimiento de las tareas que se ejecuten, esta persona estará autorizada para entrenar y guiar a todo el

personal del pilar y resolver inquietudes relacionadas con la aplicación del Mantenimiento autónomo, además de generar estrategias para involucrar a otros departamentos de la empresa para agilizar el desarrollo de cada paso.

El tiempo estimado para la implementación del mantenimiento autónomo en la sección de prensas es de 2 años, llevándolo hasta paso 7, el asesor estará haciendo visitas cada 15 días por 4 horas en el primer año, y en el segundo año se extenderán a 1 visita mensual de 4 horas.

Un profesional con la suficiente experiencia cobrará por hora capacitada el valor de \$200.000, en total serían 144 horas aproximadamente de acompañamiento y asesorías. Para un total de \$28.800.000 el valor de la asesoría en los dos años.

Por otro lado, se debe destinar un presupuesto para recuperar las máquinas y llevarlas a una condición básica que permita mejorar la confiabilidad de los equipos y generar un ambiente de trabajo más agradable. Este presupuesto no debe ser menor a \$80.000.000 y se utilizará periódicamente a medida que avancen los pasos de mantenimiento autónomo.

Por último, se debe destinar un presupuesto para desarrollar proyectos de mejora de procesos, calidad, fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso, con el desarrollo e implementación de estos proyectos se evidenciará un ahorro significativo y la disminución de pérdidas asociadas al proceso de fabricación. El presupuesto es de \$30.000.000.

Total, de la inversión \$138.800.000

8 Análisis financiero

A medida que se vaya desarrollando eficazmente los pasos del mantenimiento autónomo se reflejará una serie de beneficios que irán impactando positivamente en los resultados de la planta de producción. Algunos de las pérdidas que más se reducirán con el desarrollo de esta metodología serán:

- Reducción de averías: una de las metas es disminuir el número de averías que se presentan en la sección en un 30%, en el año 2018 se presentaron un total de 95 averías las cuales costaron alrededor de \$110.000.000, se estima ahorrar un valor cercano a los \$35.000.000 (repuestos y mano de obra).
- Reducción mantenimiento planeado: al reducir el número de averías en las máquinas gracias al desarrollo de los estándares LILA, también se reducen el número de intervenciones por parte de mantenimiento en las máquinas y la cantidad de repuestos que se deberían cambiar en el mantenimiento preventivo. Algunas de las actividades básicas que hacia mantenimiento serán transferidas al personal de producción. El mantenimiento planeado es bastante costoso y es una de las pérdidas que más afectan la rentabilidad en la sección, en el año 2018 esta pérdida suma €78.000, equivalentes a \$275.000.000. La meta es disminuir esta pérdida en un 20%, ahorrando en este caso \$55.000.000, los técnicos de mantenimiento tendrán más tiempo disponible para realizar otras actividades, las frecuencias de recambio serán más prolongadas, algunas actividades saldrán del programa de mantenimiento.
- Reducción trancones, ajustes de calidad e inspecciones: estas tres pérdidas afectan directamente al producto y en el árbol de pérdidas suman cerca de

€30.000, en pesos colombianos equivale a \$105.000.000, el objetivo es reducir ese valor en un 35% al implementar estándares de producción para que todas las operaciones se realicen de la misma manera sin importar quien las haga, siguiendo unos lineamientos realizados por los operarios con mayor experiencia, en este caso se ahorraran cerca de \$37.000.000, mejorara la eficiencia de las máquinas al no tener este tipo de paradas.

Además de la reducción de pérdidas en el mantenimiento autónomo también se identificarán y desarrollarán proyectos de mejora en los procesos, reduciendo los tiempos de ejecución de algunas tareas, la eliminación de procesos sin afectar el resultado final del producto. También el análisis de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso y la implementación de contramedidas de ahorro.

En este tipo de proyectos es donde se refleja el mayor número de ahorros, se puede disminuir los insumos, lubricantes, materia prima, tiempo de producción, eliminar procesos que no agregan valor, es decir, es una fuente incalculable de proyectos de ahorro. Se estima que se generen ahorros cercanos a los \$60.000.000 en el primer año, sin contar otros beneficios adicionales que generen dichos proyectos, como en seguridad, orden y aseo.

Otros beneficios asociados como la formación de líderes en la planta, la ampliación de conocimientos de todos los operadores, la sinergia laboral, se creará un ambiente de trabajo agradable para todos, en donde se garantice la cooperación y agilidad de los empleados en el desarrollo de los procedimientos.

9 Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- La propuesta de implementación, se enfoca en la aplicación de mejores prácticas basadas en el mantenimiento autónomo de maquinaria de producción, conlleva a mejorar aspectos relativos a calidad del producto final, satisfacción del cliente, tiempo perdido en los procesos de producción, retardos en entregas e inconformidades, mitigando los costos imprevistos que pueden afectar la economía de la empresa.
- Ejecutando la metodología del Mantenimiento autónomo, se logra identificar las fallas repetitivas en las líneas de producción. Esto nos permite dimensionar de forma correcta las acciones de mejora en los procesos y equipos, mitigando fallas imprevistas.
- Aplicando el pilar del TPM formación y entrenamiento, se garantiza que el personal operador se encuentre capacitado técnicamente en la ejecución de las funciones básicas de mantenimiento y rutinas definidas para cada proceso.
- Implementando guías de mantenimiento en la planeación, inspección y ejecución de toda actividad, se logra estandarizar los procesos y garantizar la calidad del trabajo realizado. Evitando errores técnicos por falta de organización.

9.2 Recomendaciones

- Trabajar constantemente en el fortalecimiento de las competencias y formación del personal técnico de mantenimiento e ingenieros involucrados en los procesos de mantenimiento de maquinaria.
- Es muy importante que el área de producción y mantenimiento interactúen constantemente, con la finalidad de cooperar y alcanzar grandes beneficios en el desarrollo de los procesos.
- Seguimiento constante a la programación y ejecución del plan de capacitación y evaluación a todo el personal involucrado en el proceso, con el fin de reforzar conocimientos técnicos requeridos para la correcta aplicación del mantenimiento autónomo.
- Es importante realizar reuniones de seguimiento con el fin de revisar periódicamente el avance del proceso de implementación del MA y controlar posibles desviaciones.

10 Bibliografía

ISUZU MOTORS LIMITED. (01 de 08 de 2003). Obtenido de SERVICE MARKETING

DEPARTMENT : [http://automotrizenvideo.com/wp-](http://automotrizenvideo.com/wp-content/uploads/2011/11/MANUAL-ISUZU-4JA1-4JH1.pdf)

[content/uploads/2011/11/MANUAL-ISUZU-4JA1-4JH1.pdf](http://automotrizenvideo.com/wp-content/uploads/2011/11/MANUAL-ISUZU-4JA1-4JH1.pdf)

Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (AMEFs). (2009).

Acuña, J. A. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica .

Arias, E. A. (2009). *El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación*. Bogotá : Universidad Javeriana para optar al título de Ingeniero Industrial.

Arzuaga. (2011). *MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) EN LA FLOTA DE EQUIPOS DE ORUGA DIIN DE LA EMPRESA MINERA DROUMMOND LTDA*. CESAR: UNIVERSIDAD.

Bona, J. M. (2002). *La Gestión del Mantenimiento*. Madrid: Fundación Confemetal.

C. Moyano, R. Piza, J. Zaruma, & V. Guadalupe. (2017). *Implentación de un plan de mantenimiento autónomo en un taller mecánico industrial*. Guayaquil.

Cardona Montoya, D. L. (2015). *Estudio de casos de implantación exitosa de TPM en industrias ubicadas en el eje cafetero y Norte del Cauca - Colombia*. Medellín.

Editorial Renovetec, s. (s.f). *Guía 2 para la Elaboración de planes de mantenimiento*.

Emcoclavos. (s.f).

- Erney, A. (2014). *SISTEMA DE REFRIGERACION*. Bogotá: Distribuidora Toyota S.A.S.S.
- Espinoza, A. (2007). *Fundamentos del mantenimiento guias economicas técnicas y administrativas*. Mexico: Limusa.
- EXPRESS, S. C. (s.f). *Formatos control interno*. Bogotá.
- Fernando, C. V. (2001). *Medición del desempeño: Retorno de Inversión ROI*. CALI: Universidad ICESI.
- flores. (2012). *TPM en taller automotriz del municipio de Riobamba*. Riobamba: IMR.
- García Alcaráz, J. L., Rico Pérez, L., & Romero González, J. (2011). *FACTORES TECNOLÓGICOS ASOCIADOS AL ÉXITO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO TOTAL (TPM) EN MAQUILAS*. Ciudad Juárez.
- García Cifuentes, G., & Forero López, R. D. (2012). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para herramienta de corte de mármol*. Bogotá.
- garcía, P. y. (2011). *modelo centardo en confiabilidad para una maquina prensa fabricacion de clavos*. Bogota: Publicaciones ECCI.
- García, S. G. (2010). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.
- GARCIA, S. (s.f). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*.
- Gómez de Leon, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento Industrial*. Murcia : EDITUM.

- Gómez Gómez , M. A. (2008). *Implementación de un plan de mantenimiento en una empresa del sector manufacturero*. Medellín.
- Gómez, D., & Gutiérrez, P. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANTENIMIENTO DE MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE DAIHATSU S.A.S.S*. Bogotá D.C.
- (s.f). Guía metodológica Universidad ECCI.
- Hernández Gómez , J. A., Noriega Morales , S. A., Rico Pérez, L., Romero López, H., & Guillen Anaya, L. G. (2014). *Factores críticos de éxito para la implementación estratégica del MPT: una revisión de literatura*. Carabobo.
- Hernandez, c. D. (2007). *optimizacion del mantenimiento preventivo utilizando las tecnicas de diagnostico integral*. Cuba, Habana: Universidad.
- HUERTA, R. (2004).
- Iglón Buitrón, P. M. (2014). *Implementación del servicio de mantenimiento preventivo express para vehículos livianos en el concesionario Hyundai*. QUITO : UIDE .
- Ingeniería Industrial, s. (s.f). *Ingeniería Industrial - Mantenimiento*.
- Instituto Renovetec, s. (s.f). Guía 8 Mantenimiento Predictivo: Mantenimiento basado en condición.
- Jaimes, v. y. (12). *Propuesta de aplicación de RCM en buses articulados Volvo B12*. Bogotá: publicaciones ecci.
- Ladino Reina, J., & López, C. C. (2018). *PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE BUSES*. Bogotá D.C.

- Lopez, B. y. (2010). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE VEHICULOS TRACTO CARGA*. BOGOTA: PUBLICACION ECCI.
- Mansille del Valle, N. L. (2011). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LA FABRICACIÓN DE GOMA DE MASCAR EN UNA INDUSTRIA NACIONAL*. Santiago de Chile.
- martinez, B. &. (2014). *elaboracion de un plan de amntenimiento preventivo para la maquinaria pesas L y L*. Bogota: Universidad .
- Mejia, S. y. (2011). *importancia de planear el sistema de mantenimiento preventivo*. lima: ESPOCH.
- Moubray, J. (2004). *mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II*. United King: Industrial Press, 1997.
- Navarro, G. y. (2011). *plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema electrico baja tension que suministra energia a los pozos de la gerencia regional de ecopetrol*. Bogota: Universidad.
- Niebel, B. W. (1999). *Ingenieria metodos, tiempos y movimientos*. MEXICO: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR .
- Orozco Barragán, G. A., & Peláez Motta, F. A. (2009). *Estudio y diseño del programa de implementación del pilar del mantenimiento autónomo, como una estrategia para aumentar la eficiencia global del equipo (OEE), reduciendo las causas de las seis grandes pérdidas para la linea de producción especializada*. Bogotá.

- Ovalle Manuel Alfredo. (2009).
- pineda. (2011). *PROPUESTA DE LA METODOLOGIA RCAM, PARA LA CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR COMPENSAR*. Bogota: Publicaciones ECCI.
- Portocarrero, A. &. (2007). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BAJO LA FILOSOFIA DEL RCM PARA LA FORMADORA MCKAY EN 21 TENARIS TUBOCARIBE*. Costa caribe: Universidad.
- prieto, H. y. (2012). *RCM como herramienta para aumentar la confiabilidad y disponibilidad en buses articulados*. Bogota: publicacion ecci.
- Revista digital Renovetec. (2016). Especial RCM 2da parte.
- Rojas, N. D. (2011). *Apuntes de clase de mantenimiento*. Bogotá: ECCI.
- SAE. (07 de ENERO de 1990). *RCM3*. Obtenido de RCM3: <http://rcm3.org/la-norma-sae-ja-1011>
- Sánchez Suárez, F. (2017). *UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CELDA DAEWON DE LA EMPRESA IMAL S.A.S*. Bogotá D.C.
- Sierra, A. (2004). *Como realizar un programa de mantenimiento en el area metalmecanica*. Bogota: Universidad.
- Silva Riaño, A., & Pérez Vega , O. J. (2013). *UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRACTOCAMIONES DE UNA AGENCIA LOGÍSTICA EN UNA COMPAÑIA DE LA INDUSTRIA MILITAR*. Bogotá D.C.
- Suzuki, T. (1992). *TPM en industrias de proceso*. Tokio: Japan Institute OfPlant Maintenance.

Suzuki, T. (1995). *TPM en Industrias de Proceso*. Madrid (España): Marqués de Cubas, 25.

Tarazona, Á. R. (2017). *Implementación del plan de mantenimiento autónomo, para mejorar la productividad en el área de embolsado de la empresa FIRAGA S.A.S.C.* . Lima.

Tavare, L. (2014). *RCM en campo*. Madrid: Reverté.

Vargas Monroy, L. C. (2016). *Implementación del pilar "Mantenimiento autónomo" en el centro de proceso vibrado de la empresa FINART S.A.S.S.* . Bogotá.