



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y DISEÑO

Tesis para obtención del grado de Ingeniero Industrial

**DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MÁQUINAS
DE CORTE LÁSER**

Presenta:

Luis Fernando Orozco González

Ensenada, Baja California, Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

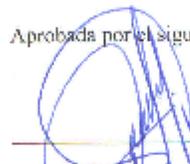
**“DISEÑO Y DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA
MÁQUINAS DE CORTE LÁSER”**

TESIS

Para obtener el grado de INGENIERO INDUSTRIAL que presenta:

LUIS FERNANDO OROZCO GONZÁLEZ

Aprobada por el siguiente comité:



M.I. Julián Isaías Aguilar Duque
Director de Tesis (Presidente)



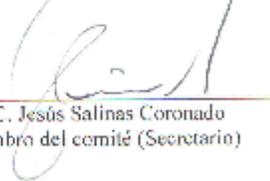
M.I. Guillermo Amaya Parra
Miembro del comité (Vocal)



Dr. Jorge Limón Romero
Miembro del comité (Vocal)



M.C. Víctor Manuel Juárez Luna
Miembro del comité (Vocal)



M.C. Jesús Salinas Coronado
Miembro del comité (Secretario)

Ensenada Baja California, México, 01 de Diciembre de 2015.

AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a mi padre, a mi madre y mi hermano, ya que fueron mi motivación y principal fuente de apoyo durante mi desarrollo profesional; también agradezco a cada maestro por todo el conocimiento y valores que me transmitieron durante mi toda mi estadía en la escuela, así como también por toda su paciencia; por ultimo agradezco a la universidad por otorgarme las bases para convertirme en un profesionalista responsable y dedicado.

Muchas Gracias.

ÍNDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	7
INTRODUCCIÓN	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
SUPUESTO.....	8
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	8
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
DELIMITACIONES	9
LIMITACIONES	9
JUSTIFICACIÓN	9
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	10
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	10
ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO	11
CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	12
BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	13
AHORRO EN LOS COSTES DE MANTENIMIENTO	14
METODOLOGÍAS ASOCIADAS AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	15
CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO	22
CAPITULO 4: RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS	29
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Pilares del Mantenimiento Total productivo (TPM).....	16
Figura 2.- Diagrama de flujo para implementación de TPM (Total Productive Maintenance)	17
Figura 3.- Ejemplo de Formato de Tiempo Estándar	30
Figura 4.- Ejemplo de Formato de Datos	32
Figura 5.- Hoja 1 del TPM de máquina Focus XHP	36
Figura 6.- Hoja 2 del TPM de máquina Focus XHP	38
Figura 7.- Hoja 3 del TPM de máquina Focus XHP	40
Figura 8.- Hoja 4 del TPM de máquina Focus XHP	41
Figura 9.- Tabla Westinghouse.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Pasos de TPM.....	25
Tabla 2.- Tiempos de Focus XHP.	32
Tabla 3.- Horas requeridas y Capacidad Focus XHP	33

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Comprender la evolución industrial de las últimas décadas implica una seria recolección de información dirigida hacia los procesos, actividades y herramientas que, indistintamente, han desarrollado las compañías más avanzadas, como son: Control Estadístico de Proceso (SPC), relaciones cliente-proveedor, JIT-Kanban, Mantenimiento Total de la Producción (TPM), SMED, actividades de mejora de productividad, etc. Todas ellas dirigidas a desarrollar las mejores capacidades de los sistemas en busca de la permanencia en un ambiente competitivo cada vez más globalizado.

El efecto positivo generado por la globalización se ve reflejado en el desarrollo de las economías de países en desarrollo, debido a la naturaleza global de los mercados y del ímpetu de supervivencia empresarial, (Grover, 2014).

En algunos casos las fases de investigación y desarrollo de las nuevas filosofías, estrategias y metodologías, han generado casos de éxito de la magnitud de empresas como Toyota, General Motors, Motorola, General Electric, entre otros. En otros casos los enfoques utilizados sólo representan un rotundo fracaso y con éste la pérdida significativa de bienes.

Al igual que los grandes corporativos han apostado en el desarrollo de procesos y metodologías costosas, de forma paralela los empresarios de organizaciones tipo pequeña y mediana han dirigido sus esfuerzos hacia procedimientos más específicos, mejorando una parte de las metodologías o filosofías adaptándolas a las necesidades o requerimientos de sus procesos.

Es así como el desarrollo de investigación aplicada varía desde un requerimiento o necesidad macro representada por las grandes organizaciones hasta la satisfacción de un requerimiento micro o más específico que normalmente presentan las empresas micro, pequeñas o medianas.

El presente proyecto de ingeniería aplicada se desarrolló en la empresa GST Automotive Safety Components International dirigido hacia la realización de un nuevo nivel de capacidad del equipo Focus XHP aunado a la elaboración de un nuevo programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para el proceso de fabricación de bolsas de aire producidas para la empresa Autoliv desde el inicio del proceso (8 de Julio del 2014) hasta el 14 de Octubre del 2014.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento que se obtiene anualmente del 50% en la demanda de producto, genera inconsistencias en el área de corte, por lo que la determinación de la capacidad del equipo instalado así como inconformidades por el incumplimiento de la demanda por fallas ocasionadas al equipo.

SUPUESTO

- La implementación del TPM y capacitación del personal, ayudará a reducir tiempos muertos, los cuales afectan considerablemente el proceso de corte.
- La determinación de la capacidad del equipo FOCUS XHP instalado en el área de corte, incrementará la producción del equipo entre un 25% y 30%.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿La implementación de la filosofía de Mantenimiento Productivo Total permitirá incrementar la productividad del área?
- ¿La determinación de la capacidad del equipo permitirá desarrollar planes de producción que como efecto incrementen la productividad del área?

OBJETIVO GENERAL

Incrementar la productividad del área de corte entre un 25% y 30%, para así poder cumplir con los requerimientos de producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar la filosofía de Mantenimiento Productivo Total para el área de corte.
- Aplicar la filosofía de Mantenimiento Productivo Total para el área de corte.
- Realizar un análisis de capacidad para los equipos instalados en el área de corte

DELIMITACIONES

El presente proyecto está delimitado al área de corte para el equipo FOCUS XHP de la empresa GST Automotive Systems.

LIMITACIONES

El desarrollo del presente proyecto se encuentra limitado por el tiempo disponible para el desarrollo e implementación de las estrategias y herramientas de mantenimiento con dirigidas a incrementar la productividad del área de corte de la empresa GST para cumplir con los requerimientos de producción.

JUSTIFICACIÓN

El interés por la organización en incrementar el nivel de servicio por parte del área de corte hacia el área de producción es una de las principales detonantes del presente proyecto, el cual tiene como objetivo incrementar la productividad de los equipos hasta en un 30 %, a partir del desarrollo e implementación de un sistema de mantenimiento productivo total.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

Durante el desarrollo del presente capítulo se expondrán las bases teóricas, desarrollo de técnicas y filosofías útiles del mantenimiento. El objetivo del capítulo es presentar la teoría asociada al mantenimiento para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

El mantenimiento industrial consiste en preservar y conservar en óptimas condiciones toda maquinaria y equipo, para así poder minimizar averías y defectos que puedan afectar tanto a la maquina como al producto. Todo esto causando mejoras en las tasas de productividad, mejora de eficiencia y reducción de costos.

En la actualidad la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha cobrado demasiada importancia dentro de las empresas, ya que su implementación genera numerosos beneficios, además de que involucra a todos los niveles organizacionales de la empresa, con la creación de pequeños equipos de trabajo que realicen las actividades.

GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para Furlanetto (2005) el concepto base que da lugar a la ingeniería de mantenimiento es la mejora continua del proceso de gestión del mantenimiento mediante la incorporación de conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan de apoyo a la toma de decisiones en el área del mantenimiento, orientadas a favorecer el resultado económico y operacional global.

La ingeniería de mantenimiento permite, a partir del análisis y modelado de los resultados obtenidos en la ejecución de las operaciones de mantenimiento, renovar continua y justificadamente la estrategia y, por consiguiente, la programación y planificación de actividades para garantizar la producción y resultados económicos al mínimo costo global. También permite la adecuada selección de nuevos equipos con mínimos costos globales en función de su ciclo de vida y seguridad de funcionamiento (costo de ineficiencia o costo de oportunidad por pérdida de producción) (Furlanetto, 2005).

Determinar, entender y administrar el riesgo es ahora una parte clave de cualquier política de mantenimiento o proceso de toma de decisiones, donde la determinación del riesgo es a menudo un proceso integral para satisfacer la legislación, alcanzar las marcas de clase mundial o al menos para implementar buenas prácticas en la gestión (Hudson, 2006).

ANTECEDENTES DEL MANTENIMIENTO

Según Francisco Javier González (2005), el mantenimiento preventivo como ahora lo conocemos se introdujo y generalizó a partir de 1950. En 1954 General Electric ya defendía la aplicación de lo que denominaron Mantenimiento en Fabrica, aunque el TPM, tal y como ahora se define y concibe, tiene sus orígenes en Japón y comienza a implantarse en ese país a comienzo de los años setenta.

El término TPM fue definido en 1971 por el instituto Japonés de Ingenieros de Plantas y se desarrolló sobre todo en la industria del automóvil, implementándose en empresas como Toyota, Nissan y Mazda. Posteriormente se intentó trasladar a otros sectores industriales, aunque con resultados desiguales. Así pues, desde finales de la década de 1980 se ha intentado extender en Estados Unidos y Europa (González, 2005).

El objetivo del TPM según Francisco Javier González (2005), es un sistema de gestión de mantenimiento que se basa, entre otros fundamentos, en implementar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica la corresponsabilizarían activa de todos los empleados, sobre todo de los técnicos y operarios de la planta. Para ello, es necesaria la existencia o creación de una cultura propia que se estimulante y motivadora, de forma que se fomente el trabajo en equipo, la motivación y estímulo y coordinación entre producción y mantenimiento.

Este aspecto es tan fundamental que su carencia ha sido causa de un elevado número de fracasos en empresas que se han lanzado a intentar su aplicación sin haber analizado a fondo lo crucial que es la predisposición a ello de sus recursos humanos (González, 2005).

CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial tiene diferentes clasificaciones, estas se generan a partir de la acción requerida por los equipos. Según Enrique Dounce Villanueva (1998), el mantenimiento industrial se divide en dos ramas: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

El **Mantenimiento Correctivo**, es la actividad que el ser humano realiza en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de brindar la calidad de servicio estipulado. El mantenimiento correctivo se subdivide a su vez en:

- **Mantenimiento Correctivo Contingente.** Refiriéndose a las actividades que se realizan de forma inmediatas, y;
- **Mantenimiento Correctivo Programable.** Refiriéndose a las actividades que se llevan a cabo en aquellas máquinas que aún no lo necesitan, pero por proporcionar un mejor servicio se realizan con anterioridad.

El Mantenimiento Preventivo. Es la actividad que el hombre desarrolla en los recursos físicos de una empresa, con la finalidad de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan siga dentro de los límites establecidos. Este tipo de mantenimiento siempre es programable y cuenta con diversos procedimientos para llevarlo a cabo, los tipos de procedimientos son:

- **Mantenimiento Preventivo Predictivo.** Es un sistema permanente de diagnóstico que permite identificar con anterioridad la probable pérdida de calidad de servicio que esté entregando la máquina.
- **Mantenimiento Preventivo Periódico.** Este procedimiento se lleva a cabo periódicamente como su nombre lo señala con el fin de aplicar las actividades, después de determinadas horas de funcionamiento del equipo, en el que se le ejecutan pruebas y se realizan algunos cambios de piezas pertinentes.

- **Mantenimiento Preventivo Analítico.** Se basa en un análisis muy profundo de la información que se obtiene de las máquinas más importantes de la empresa, y por medio de visitas pueden ser inspeccionados con la frecuencia necesaria para que el analista pueda contar con material de consulta necesario.
- **Mantenimiento Preventivo Progresivo.** Consiste en efectuar el mantenimiento por partes, progresando en él de acuerdo a los tiempos ociosos de la máquina.
- **Mantenimiento Preventivo Técnico.** Es una combinación del mantenimiento periódico y del progresivo.

BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Al respecto, Cuatrecasas (2010) clasifica los beneficios del mantenimiento industrial, de la siguiente manera:

Reducción de Paros: Los paros pueden ser clasificados en forzados y no forzados, y en programados y no programados.

- Un **paro forzado** es aquella parada provocada por una avería, y puede ser programado o no programado. Si la avería se detectó con antelación a que pueda provocar daños, entonces la reparación está planificada y se denomina paro forzado programado. Si la avería no fue detectada o detectada con tan poca antelación que no se pudo planificar la intervención, entonces se denomina paro forzado no programado. Las consecuencias de un paro varían de uno a otro pero siempre son negativas. Los paros no programados (por averías imprevistas son los más costosos y peligrosos. Cualquier avería de una máquina que implique una parada forzada, tiene un fuerte impacto en la rentabilidad de la planta. Una parada forzada provoca que no haya ingresos, además de un aumento en los costes debido a la reparación. Es evidente que no se puede tener una planta sin paros forzados, pero se puede minimizar el número y optimizar el beneficio. En este sentido los técnicos de mantenimiento aprovechan cualquier paro para corregir aquellos defectos

detectados con el programa de Mantenimiento predictivo y evitar averías más tarde. Así se disminuye el número de paros forzados.

- **Paros no forzados:** Los paros no forzados son siempre programados y se realizan para inspeccionar las maquinas, reemplazar las piezas gastadas y corregir los defectos para evitar paros forzados en el futuro. Son propios de una planta donde se practica el Mantenimiento Preventivo. Al intervalo entre paros no forzados lo llamamos ciclo de mantenimiento. En una planta, donde se practique el Mantenimiento Preventivo habrá un número determinado de paradas no forzadas. Este número se puede reducir si, además, se aplican técnicas de Mantenimiento Predictivo. Implando este de forma generalizada, normalmente solo se parara cuando se haya detectado un problema.
- **Paros no programados:** Un paro no programado es causado por una avería (paro forzado) y que no ha podido ser planificada la reparación ya que cuando se detectó ya se estaban produciendo daños importantes en la maquina o su funcionamiento podía ser un riesgo para los trabajadores y se tiene que parar. Cuando la parada no puede ser programada, el tiempo de reparación es mayor, ya que el personal, las herramientas y los recambios no están preparados. Los paros no programados se pueden minimizar con el Mantenimiento Predictivo.

AHORRO EN LOS COSTES DE MANTENIMIENTO

La utilización adecuada de la monitorización permite dedicarse a aquellas maquinas que necesitan reparación, sabiendo con antelación que componentes tienen que ser reemplazados, realineados o equilibrados. Esto implica:

- Reducción del mantenimiento programado.
- Reducción de averías inducidas por mantenimiento.
- Reducción de los stocks en piezas de recambio.
- Reducción de la duración de los paros programados.

Algunas otras ventajas del Mantenimiento Predictivo según Garrido (2012) son:

- Alargamiento de la vida de la planta.
- Reducción de los daños provocados por una avería.
- Reducción del número de accidentes.
- Funcionamiento más eficiente y de mayor calidad de la planta, puesto que se puede adaptar el ritmo de producción al estado real de la máquina.
- Mejora de las relaciones con el cliente al evitar retrasos en las entregas por averías imprevistas (paros no programados).
- Posibilidad de especificar y diseñar una planta de mayor calidad. La experiencia obtenida al trabajar con estos métodos puede ser utilizada a tal propósito.

METODOLOGÍAS ASOCIADAS AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Para implementar el mantenimiento Productivo Total, es necesario conocer los pilares en los que se basa. Francisco Madariaga Neto (2013) los describe como a continuación se muestran en la figura 1:



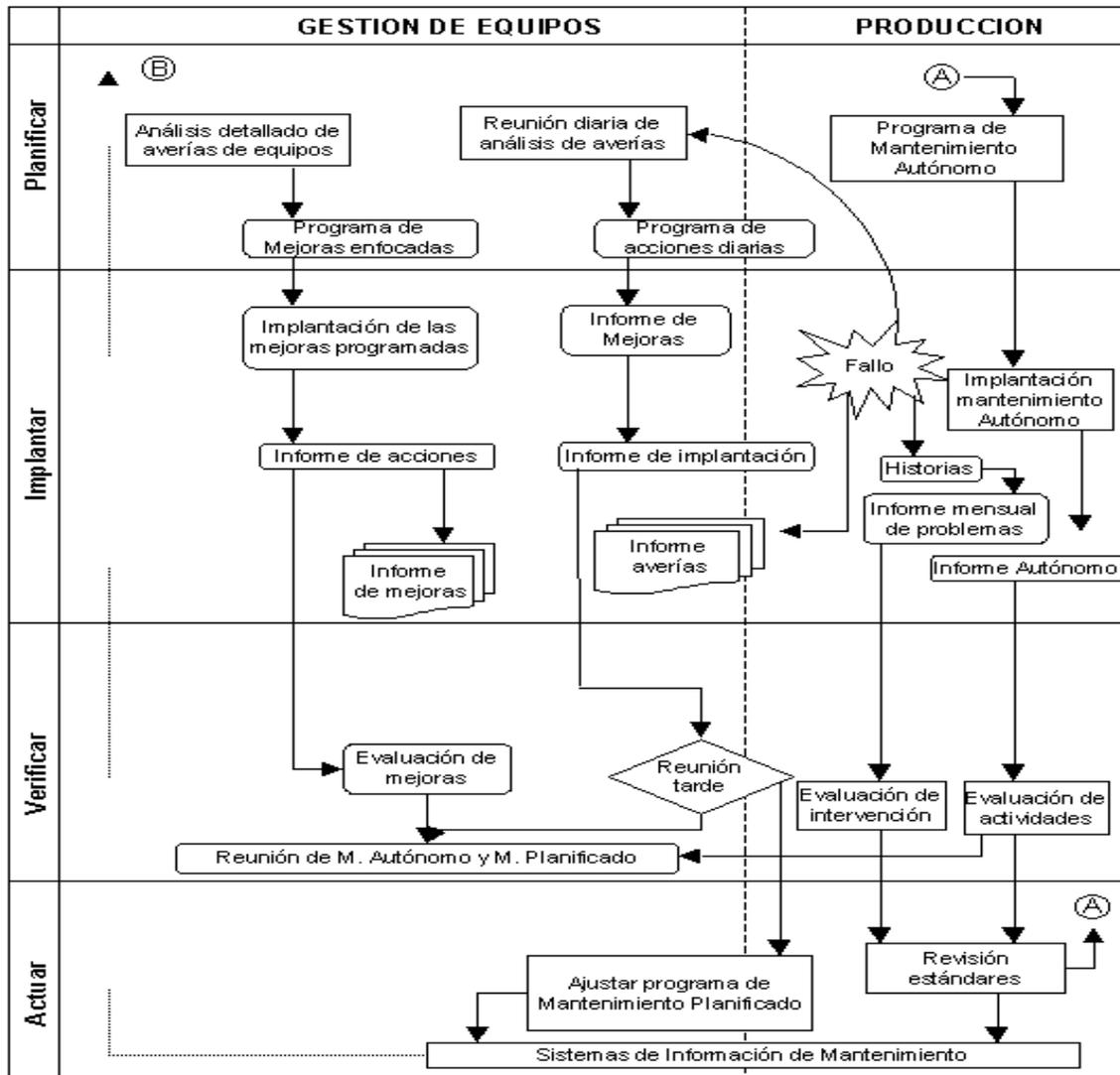
Figura 1.- Pilares del Mantenimiento Total productivo (TPM).

El mantenimiento Productivo Total se basa en cinco pilares:

1. La implantación de un sistema de mejora en la eficiencia general de los equipos (OEE por sus siglas en inglés) mediante la eliminación de pérdidas.
2. La implantación de un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los operarios de producción.
3. La implantación de un programa de mantenimiento planificado (preventivo y predictivo) llevado a cabo por el personal de mantenimiento.
4. El establecimiento de una sistemática de prevención del mantenimiento en la fase de diseño de los nuevos equipos para minimizar las necesidades y el coste de su mantenimiento, mediante la retroalimentación en la ingeniería de diseño -propia o del proveedor- sobre los puntos débiles de los equipos que actualmente se están utilizando. Una parte muy importante del coste en que incurren los equipos durante todo su ciclo de vida viene determinada por el diseño.
5. La implantación de planes de formación y entrenamiento para mejorar las capacidades del personal de producción y mantenimiento.

Establecidos los pilares del TPM, se procede a aplicarlo, para ello existen distintos tipos de métodos, por ejemplo Santiago García Garrido (2012) presenta las siguientes aplicaciones:

El Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) desarrolló un método en siete pasos cuyo objetivo es lograr el cambio de actitud indispensable para el éxito del programa. Los pasos para desarrollar ese cambio de actitud se muestran en la figura 2:



(B) Mantenimiento planificado y otros pilares TPM.

Figura 2.- Diagrama de flujo para implementación de TPM (Total Productive Maintenance)

Fase 1. Aseo inicial.

En esta fase se busca limpiar la máquina de polvo y suciedad, a fin de dejar todas sus partes perfectamente visibles. Se implementa además un programa de lubricación, se ajustan sus componentes y se realiza una puesta a punto del equipo (se reparan todos los defectos conocidos).

Fase 2. Medidas para descubrir las causas de la suciedad, el polvo y las fallas.

Una vez limpia la máquina es indispensable que no vuelva a ensuciarse y a caer en el mismo estado. Se deben evitar las causas de la suciedad, el polvo y el funcionamiento irregular (fugas de aceite, por ejemplo), se mejora el acceso a los lugares difíciles de limpiar y de lubricar y se busca reducir el tiempo que se necesita para estas dos funciones básicas (limpiar y lubricar).

Fase 3. Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación.

En esta fase aparecen de nuevo las dos funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al personal de producción: Se preparan en esta fase procedimientos estándar con el objeto que las actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores de los componentes se puedan realizar en tiempos cortos.

Fase 4. Inspecciones generales.

Conseguido que el personal se responsabilice de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se entrena al personal de producción para que pueda inspeccionar y chequear el equipo en busca de fallos menores y fallos en fase de gestación, y por supuesto, solucionarlos.

Fase 5. Inspecciones autónomas.

En esta quinta fase se preparan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se preparan listas de chequeo (checklist) de las máquinas realizadas por los propios operarios, y se ponen en práctica. Es en esta fase donde se produce la verdadera implantación del mantenimiento preventivo periódico realizado por el personal que opera la máquina.

Fase 6. Orden y Armonía en la distribución

La estandarización y la procedimentación de actividades es una de las esencias de la Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management, TQM), que es la filosofía que inspira tanto el TPM como el JIT. Se busca crear procedimientos y estándares para la limpieza, la inspección, la lubricación, el mantenimiento de registros en los que se reflejarán todas las actividades de mantenimiento y producción, la gestión de la herramienta y del repuesto, etc.

Fase 7. Optimización y autonomía en la actividad

La última fase tiene como objetivo desarrollar una cultura hacia la mejora continua en toda la empresa: se registra sistemáticamente el tiempo entre fallos, se analizan éstos y se proponen soluciones. Y todo ello, promovido y liderado por el propio equipo de producción.

El tiempo necesario para completar el programa varía de 2 a 3 años, y suele desarrollarse de la siguiente manera:

La Gerencia da a conocer a toda la empresa su decisión de poner en práctica TPM. El éxito del programa depende del énfasis que ponga la Gerencia General en su anuncio a todo el personal.

Se realiza una campaña masiva de información y entrenamiento a todos los niveles de la empresa de tal manera que todo el mundo entienda claramente los conceptos de TPM. Se utilizan todos los medios posibles como charlas, posters, diario mural, etc., de tal manera que se cree una atmósfera favorable al inicio del programa.

Se crean organizaciones para promover TPM, como ser un Comité de Gerencia, Comités departamentales y Grupos de Tarea para analizar cada tema.

Se definen y emiten las políticas básicas y las metas que se fijarán al programa TPM. Con este objeto se realiza una encuesta a todas las operaciones de la empresa a fin de medir la efectividad real del equipo operativo y conocer la situación existente con relación a las "6 Grandes Pérdidas". Como conclusión se fijan metas y se propone un programa para cumplirlas.

Se define un plan maestro de desarrollo de TPM que se traduce en un programa de todas las actividades y etapas.

Una vez terminada la etapa preparatoria anterior se da la "partida oficial" al programa TPM con una ceremonia inicial con participación de las más altas autoridades de la empresa y con invitados de todas las áreas.

Se inicia el análisis y mejora de la efectividad de cada uno de los equipos de la planta. Se define y establece un sistema de información para registrar y analizar sus datos de fiabilidad y mantenibilidad.

Se define el sistema y se forman grupos autónomos de mantenimiento que inician sus actividades inmediatamente después de la "partida oficial". En este momento el departamento de mantenimiento verá aumentar su trabajo en forma considerable debido a los requerimientos generados por los grupos desde las áreas de producción.

Se implementa un sistema de mantenimiento programado en el departamento de mantenimiento.

Se inicia el entrenamiento a operadores y mantenedores a fin de mejorar sus conocimientos y habilidades.

Se crea el sistema de mejoramiento de los equipos de la planta que permite llevar a la práctica las ideas de cambio y modificaciones en el diseño para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad.

Se consolida por último la implantación total de TPM y se obtiene un alto nivel de efectividad del equipo. Con este objeto se deben crear estímulos a los logros internos del programa TPM en los diversos departamentos de la empresa.

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO

Durante el desarrollo del presente capítulo se presenta la metodología empleada para la solución al problema expuesto en el presente proyecto de investigación.

De acuerdo con Shirose (1995), cada lugar de trabajo tiene 3 grandes problemas conocidos:

- Desperdicio: usar o hacer cosas inescasarias.
- Tensión: tratar de hacer un trabajo con menos de lo que usted tiene.
- Inconsistencia: variación y ausencia de estandares.

Con estos grandes problemas, se utilizó la metodología propuesta por SPC Consulting Group (2015) se basa en los siguientes pasos:

PASO 1: ANUNCIO DE LA ALTA DIRECCIÓN DE LA DECISIÓN DE INTRODUCIR EL TPM.

El primer paso en el desarrollo TPM (Total Productive Maintenance) es hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM. La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto. Esto puede cumplirse a través de una presentación formal que introduce el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM, y también incluye propuestas personales de la alta dirección a los empleados sobre las razones que fundamentan la decisión de implantar el TPM. Esto puede seguirse con información impresa en boletines internos.

Es esencial en este punto que la alta dirección tenga un fuerte compromiso con el TPM y entienda lo que entraña el compromiso. Como se ha mencionado anteriormente, la preparación para la implantación significa crear un entorno favorable para un cambio efectivo. Durante este período (como en la fase de diseño de un producto), debe crearse un fundamento fuerte de forma que las posteriores modificaciones (como los cambios de diseño que pueden resultar en retrasos de entregas) no sean necesarias.

PASO 2: LANZAMIENTO DE CAMPAÑA EDUCACIONAL

El segundo paso en el programa de desarrollo TPM es el entrenamiento y promoción en el mismo, lo que debe empezar tan pronto como sea posible después de introducir el programa.

El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio -en este caso, el cambio al TPM.

La resistencia frente al TPM puede adoptar diferentes formas: algunos trabajadores pueden preferir la división de tareas más convencional (los operarios manejan el equipo, mientras los trabajadores de mantenimiento lo reparan). Los trabajadores de la línea de producción a menudo temen que el TPM incrementará la carga de trabajo, mientras el personal de mantenimiento es escéptico sobre la capacidad de los operarios de línea para practicar el PM. Adicionalmente, los que están practicando el PM con buenos resultados pueden dudar de que el TPM provea beneficios añadidos.

PASO 3: CREAR ORGANIZACIONES PARA PROMOVER EL TPM

Una vez que se ha completado la educación introductoria al nivel de personal de dirección (de jefes de sección hacia arriba), puede empezar la creación de un sistema promocional del TPM.

La estructura promocional TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por grupos horizontales tales como comités y grupos de proyecto en cada nivel de la organización vertical de dirección. Es extremadamente importante para el éxito y desarrollo general del TPM. Como se ilustra en la figura 12, los grupos se organizan por rangos, por ejemplo, el comité promocional del TPM, los comités promocionales de fábrica y departamento, y los círculos PM al nivel del suelo de la fábrica. Es crítica la integración arriba-abajo, desde las metas orientadas por la dirección con los movimientos desde abajo, y las actividades de los pequeños grupos en la fábrica.

PASO 4: ESTABLECER POLÍTICAS Y METAS PARA EL TPM

Las oficinas centrales promocionales del TPM deben empezar estableciendo políticas y metas básicas. Como toma como mínimo tres años moverse hacia la eliminación de defectos y averías a través del TPM, una política de dirección básica debe ser

comprometerse con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección general a medio y largo plazo.

PASO 5: FORMULAR UN PLAN MAESTRO PARA EL DESARROLLO DEL TPM

La siguiente responsabilidad de la oficina central del TPM es establecer un plan maestro para el desarrollo TPM.

La siguiente figura muestra un PLAN MAESTRO real tomado de Central Motor Wheel Co., donde el desarrollo del TPM se centra en las siguientes cinco actividades de mejoras básicas: incluir el programa diario de promoción del TPM, empezando por la fase de preparación anterior a la implementación.

1. Mejorar la efectividad del equipo a través de la eliminación de las seis grandes pérdidas (realizado por equipos de proyecto)
2. Establecer un programa de mantenimiento autónomo por los operarios (siguiendo un método de siete pasos)
3. Aseguramiento de la calidad
4. Establecer un programa de mantenimiento planificado por el departamento de mantenimiento
5. Educación y entrenamiento para aumentar las capacidades personales

	1979	1980	1981	1982	
	Preparar	Introducir	Implantar	Completar / Estabilizar	Mejor mantenimiento
Efectividad Equipo	<p>Crear línea modelo a través de actividades en grupo:</p> <p>Pasos para evitar averías súbitas:</p> <div style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Mantenimiento preventivo</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Reducir tiempos preparación/ajuste</div> </div> <div style="margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Reducir roturas de piezas</div> <div style="margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 80%; margin: 0 auto;"></div> </div> <p>Creación de fundamentos para mantenimiento autónomo</p>				Obtener niveles de ganadores Reforzar posición compañía; crear un entorno de trabajo favorable
Mantenimiento autónomo	<p>Promover mantenimiento autónomo</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">1.- Limpieza inicial</div> <div style="width: 50%;">4.- Inspección general</div> <div style="width: 50%;">2.- Resolver problemas difíciles</div> <div style="width: 50%;">5.- Reevaluar pasos 2 y 4</div> <div style="width: 100%; text-align: center;">3.- Estandares limpieza/lubricación</div> <div style="width: 50%;">6.- Auto-auditoría</div> <div style="width: 50%;">7.- Organización/orden</div> <div style="width: 50%;">8.- Metas dirección</div> </div>				
Control de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajar para producir una calidad razonable (incluyendo el mantenimiento predictivo del equipo de soldadura). Asegurar calidad en arranque de fabricación. 				
Mantenimiento planificado	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la mantenibilidad y de los sistemas de prevención del mantenimiento • Sistema completo de control del "commissioning" 				
Crear destrezas	<p>Perfectas habilidades de mantenimiento: 12/80 1er. Reunión compañía 6/81 2da. Reunión compañía 5/82 3er. Reunión compañía</p>				

Tabla 1.- Pasos de TPM

PASO 6: EL “DISPARO DE SALIDA” DEL TPM

El “disparo de salida” es el primer paso para la implantación, el comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas. Durante la fase de preparación (pasos 1-5) la dirección y el

staff profesional juegan el rol dominante. Sin embargo, a partir de este punto, los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM. Cada trabajador juega ahora un rol crucial. Como alguien ha dicho, —No hay lugar para ser espectador en el TPM‡, indicando que cada persona es un participante — no puede haber —mirones‡. Por esta razón, cada trabajador debe apoyar la política sobre TPM de la alta dirección a través de actividades para eliminar las seis grandes pérdidas.

PASO 7: MEJORAR LA EFECTIVIDAD DEL EQUIPO

El TPM se implementa a través de las cinco actividades de desarrollo básicas del TPM, la primera de las cuales es mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta una pérdida.

El staff de ingeniería y mantenimiento, los supervisores de línea, y los miembros de pequeños grupos se organizan en equipos de proyecto que harán mejoras para eliminar las pérdidas. Estas mejoras producirán resultados positivos dentro de la compañía. Sin embargo, durante las fases tempranas de la implantación, habrá personas que duden del potencial del TPM para producir resultados — incluso algunos que hayan visto cómo en otras compañías el uso del TPM incrementa la productividad y calidad, reduce los costes, mejora los resultados, y crea un entorno favorable de trabajo.

PASO 8: ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA LOS OPERARIOS

La segunda de las cinco actividades de desarrollo del TPM, el mantenimiento autónomo, es el paso octavo del programa de desarrollo. Debe atacarse justo después del —disparo de salidad.

El mantenimiento autónomo por los operarios es una característica única del TPM; su organización es central para la promoción del TPM dentro de la compañía. Cuanto mas antigua es una compañía, más dificultoso es implantar el mantenimiento autónomo, porque los operarios y el personal de mantenimiento encuentran penoso apartarse del concepto: —Yo opero-tu reparas‡. Los operarios están acostumbrados a dedicarse a tiempo completo

a la producción, y el personal de mantenimiento espera asumir la plena responsabilidad del mismo.

Paso 9: ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El noveno paso en el programa de desarrollo es también una de las cinco actividades básicas TPM -un programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento.

Como hemos mencionado anteriormente, el mantenimiento programado realizado por el departamento de mantenimiento, debe coordinarse con las actividades de mantenimiento autónomo del departamento de operaciones, de forma que los departamentos puedan funcionar como las ruedas de un coche.

PASO 10: CONDUCIR ENTRENAMIENTO PARA MEJORAR CAPACIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La mejora de las capacidades de operación y mantenimiento es la cuarta actividad de desarrollo del TPM y el décimo paso del programa de desarrollo del TPM.

En Japón, las grandes corporaciones del acero y la electrónica proveen a sus empleados con entrenamiento técnico en centros bien equipados, pero otras compañías japonesas infra estiman el valor del entrenamiento, especialmente el entrenamiento en técnicas de mantenimiento. La educación y el entrenamiento son inversiones en personal que rinden múltiples beneficios. Una compañía que implante el TPM debe invertir en entrenamiento que permita a los empleados gestionar apropiadamente el equipo. En adición al entrenamiento en técnicas de mantenimiento, los operarios deben afinar también sus capacidades en operación.

PASO 11: DESARROLLO TEMPRANO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE EQUIPOS

La última categoría de las actividades de desarrollo del TPM es la gestión temprana (o anticipada) del equipo.

Cuando se instala el nuevo equipo, a menudo aparecen problemas durante las operaciones de test, y arranque, aunque durante el diseño, la fabricación, y la instalación toda parece marchar normalmente. Puede que los ingenieros de mantenimiento e ingeniería tengan que hacer muchas mejoras antes de que comience la operación normal. Incluso entonces, se necesitan reparaciones en el período inicial, inspección, ajuste, y lubricación y limpieza iniciales para evitar el deterioro, y las averías son a menudo tan difíciles de reparar que los ingenieros de supervisión se desmoralizan completamente. Como resultado, pueden pasarse por alto la inspección, lubricación, y limpieza, lo que necesariamente prolonga las paradas del equipo incluso para las averías menores.

PASO 12: IMPLANTACIÓN PLENA DEL TPM Y CONTEMPLAR METAS MAS ELEVADAS.

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo.

CAPITULO 4: RESULTADOS Y ANALISIS DE DATOS

En el desarrollo del presente capítulo se exponen formatos y resultados obtenidos por el estudio de capacidad del equipo y la implementación del TPM para la máquina de corte laser Focus XHP, así como también el análisis e interpretación de los datos. Finalmente, se presenta el formato del TPM que se desarrolló para dicha máquina.

Con la finalidad de determinar los tiempos de operación para la actividad de tendido, hubo la necesidad de recolectar un conjunto de datos. Para ello se utilizó la fórmula de “ n ” para determinar el número de observaciones (1) de cada nesting (nido).

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones).

n' = Número de observaciones del estudio preliminar.

Σ = Suma de los valores.

x = Valor de las observaciones.

40 = Constante para un nivel de confianza de 94,45%.

Sustituyendo:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{(5)(462) - 48^2}}{(48)} \right)^2 = 4.16 = 4 \text{ observaciones}$$

Obtenidos el número de observaciones, se procedió a la captura tiempos de cada tendido. Como evidencia del registro se utilizó el formato de la hoja de cálculo de tiempo estándar (Figura 1). Con este formato se calcula el tiempo total, el promedio y el tiempo estándar de

cada nesting, considerando además los valores de actuación y tolerancias obtenidas de la tabla Westinghouse (Figura 1 de Anexo).

Para el cálculo del tiempo estándar, se hizo uso de la fórmula del tiempo estándar de operación (2):

Estándar de Operación:

Promedio de Tiempo Estándar * Total Factor Actuación * Total Tolerancia (2)

Sustituyendo:

$(8)(0)(0.15) = 9.2$

MODELO:		NO. PARTE:		REVISIÓN:	
Operación: CORTE		MAQUINA: FOCUS XHP		ANALISTA: Luis Fernando Orozco González	
Clas. Op.:					
DESCRIPCION DE LA OPERACION:				DIBUJO AUXILIAR	
NESTING: 346-MAINKAB				N/A	
PARAMETROS: VEL. 8 m/s Y ACEL. 15 m/s ²					
LECTURA	REAL	ACUM			
1	10	10.000			
2	9	19.000			
3	10.00	29.000			
4	10.00	39.000			
5	9.00	48.000			
6					
7					
8					
9					
10					
TOTAL	48.00				
PROMEDIO	8.00				
ACTUACION	HABILIDAD 0.00	ESFUERZO 0.00	CONDICIONES 0.00	CONSISTENCIA 0.00	TOTAL 0.00
TOLENCIA	CONSTANTE 9	PARADO 2	ATMOSFERICAS 3	TEDIO 1	TOTAL 0.15
PROMEDIO OPERADOR	8.0000		FAC. ACT. 1.00	FAC. TOL. 1.15	STD DEL OPERADOR 9.2
ESTANDAR DE OPERACION	MINPZA 9.20	HR.PZA 0.1533	PZA/HR 6.5217391	MINPZA CIVEL 10	25.40

Figura 3.- Ejemplo de Formato de Tiempo Estándar

DESCRIPCION DE LA OPERACION: se especifica el nesting (nido), que se desea conocer el tiempo estándar. Así como también sus parámetros; en este caso velocidad y aceleración.

LECTURA: son el número de lecturas que se toman.

REAL: es el tiempo del nesting que se tomó como muestra.

ACUM: es la acumulación de los tiempos pasados con el actual.

TOTAL: es el total del tiempo de todas las muestras.

PROMEDIO: es la media de todos los tiempos que se utilizaron como muestra.

ACTUACION & TOLERANCIA: se asignan estos valores de acuerdo a la tabla Westinghouse, para obtener equidad en el tiempo requerido (Anexo: figura 1).

FACT. ACT: sirve para obtener el nivel de esfuerzo por parte de los operadores

FACT. TOL: sirve para tener en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y movimientos lentos.

MIN/PZA: es el tiempo estándar que tarda en cortar un nesting la máquina.

HR. PZA: es el tiempo que tarda la máquina en cortar cada pieza.

PZA/HR.: es la cantidad de nesting que se pueden cortar en una hora.

Con cada tiempo estándar de un nesting que se iba obteniendo, se generó un registro en una lista como la que se presenta la figura 2. Esta lista describe el nesting, y además nos indica el modelo, la velocidad utilizada para realizar el corte, el número de capas desplegadas para completar el tendido, el número de bolsas obtenidas por capa y aunado a la demanda semanal. Se obtuvo además la cantidad de cortes y el tiempo de corte, para este tiempo se emplearon las siguientes formulas:

Cantidad de Cortes:

$$1500/(15 * 20)=5 \quad (3)$$

Tiempo de Corte:

$$(5)(6.52)=32.6 \text{ min} \quad (4)$$

MODELOS	NIDO	VEL SISTEM	CAPAS STD	TIEMPO STD ACTUAL	BOLSAS X CAPA	DEMANADA EN SEMANA X	CANTIDAD DE CORTI	TIEMPO DE CORTE
Ford CD533/LH Cut and Sew IC	NMJ533-MNPT.GBR	9	20	15.10	8	900	6	1.51
D1SB-N DKAB	ND1SB-DRV.GBR	9	20	19.27	15	700	3	0.96
D1SB-N PKAB	NPASS-BUICK.GBR	9	20	25.39	25	1050	3	1.27
NISSAN P42JK RH SAB (AOA)	NP42JK-SABRH.GBR	9	20	23.31	45	3200	4	1.55
NISSAN P42JK LH SAB (AOA)	NLH-P42JKSAB.GBR	9	20	22.39	45	4800	6	2.24
CD391 SAB RH (AQW)	NCD391SAB-RHV3.GBR	9	20	6.41	21	9600	23	2.46
CD391 SAB LH (AQW)	NLH-CD391SAB.GBR	9	20	20.58	21	8400	20	6.86
GM K2XX SAB RH (AOA)	NK2XX-C6RH.GBR	9	20	16	26		0	0.00
GM K2XX SAB LH (AOA)	NK2XSAB-LHC6.GBR	9	20	15.21	26		0	0.00
GM K2XX SAB RH (AQW)	NK2XX-C6RH.GBR	9	20	16	26		0	0.00
GM K2XX SAB LH (AQW)	NK2XSAB-LHC6.GBR	9	20	15.21	26		0	0.00
GM K2XX SAB RH (AOA)	NK2XX-C6RH.GBR	9	20	16	1	1620	81	21.60

Figura 4.- Ejemplo de Formato de Datos

Obtenidos los datos anteriores, se desarrolló la tabla 1, en esta tabla de puede apreciar que solo se aplicara a una máquina, que en este casos sería la Focus XHP, en la segunda columna se especifica el número de horas de operación por día, en la tercer columna nos indica el número de veces que se le debe de dar mantenimiento a la máquina en una semana. En la siguiente columna viene descrito el número de días laborales por semana. Por último se indica que no se aplica mantenimiento durante los sábados.

TIEMPO 7X24 “FOCUS XHP”					
Máquina	Hrs. X Día	Mantenimiento.	Días Comp.	Sábado	Mantenimiento Sábado
1	24	2	7	0	0

Tabla 2.- Tiempos de Focus XHP.

Además de la información presentada en la tabla 1, se desarrolló la tabla 2, en la cual se presentan las horas requeridas para realizar los cortes necesarios, y así poder cubrir el programa de producción semanal. En la segunda fila, se indica las horas disponibles de operación de la máquina. En la tercera fila nos muestra la diferencia entre Horas requeridas y Horas disponibles. Por último se muestra el porcentaje de capacidad de la máquina.

SEMANA X	
HORAS REQUERIDAS FOCUS XHP	140.09hrs.
HORAS DISPONIBLES FOCUS XHP	154hrs.
HORAS RESTANTES	13.90hrs.
% DE CAPACIDAD (Hrs. Requeridas / Hrs. Disponibles)	90.97%

Tabla 3.- Horas requeridas y Capacidad Focus XHP

Con la información contenida en las dos tablas anteriores, se llegó a la conclusión de que era viable el desarrollo de un TPM, con la restricción de que este fuera implementado durante el inicio de cada uno de los tres turnos.

Para el desarrollo del TPM, se consideraron las siguientes restricciones:

a) Capacidad de producción por siete días de 24 hrs.

Con la máquina trabajando los siete días de la semana, las 24hrs. del día (3 turnos de trabajo) y con 2 horas de mantenimiento cada día, exceptuando fin de semana.

Se obtuvo un registro de un total de 154 horas disponibles para realizar los cortes. De estas 154 horas disponibles, 140.09 horas son requeridas para realizar todos los cortes necesarios y cumplir con la demanda semanal.

En operación, el 90.97% del tiempo está relacionado con la capacidad en la máquina para cubrir la demanda, quedando disponibles 13.90 horas, tal como se puede observar en las tablas 1 y 2.

Con esta información se justifica la implementación del TPM, por lo menos para realizarlo durante el comienzo de cada uno de los tres turnos.

b) TPM de máquina Focus XHP.

Como se pudo observar en el inciso anterior, se utiliza el 90.97% de capacidad, por lo que queda disponible el 9.03% de tiempo, durante el cual se pueden realizar distintas actividades entre ellas está el de aplicar el TPM.

Para la realización de las actividades de TPM, primero se integró un equipo de trabajo con el supervisor del área de corte laser, ingenieros de manufactura y calidad, personal de mantenimiento y operarios, la finalidad fue garantizar un TPM funcional, práctico y detallado.

Durante la implementación, se realizaron esfuerzos para cubrir los objetivos más importantes del TPM, tales como lo son el aseo, causas de la suciedad, el polvo y las fallas, limpieza y lubricación, inspecciones generales y orden.

Desarrollada la estrategia de implementación del TPM, se procedió a la programación de pláticas y capacitaciones para los operadores del área de corte laser, en estas, se explicó el funcionamiento, los objetivos y se otorgó un breve entrenamiento de cómo y cuándo realizar las actividades de TPM correctamente.

A continuación, en la figura 3 describe los primeros seis pasos para la aplicación del TPM, comenzando por la verificación de la temperatura del láser, verificación del nivel de agua, flujo y presión en el chiller (máquina para refrigerar), verificación de aire y revisar que se encuentren estables los niveles de los gases. También se puede observar el procedimiento

para llevar a cabo cada una de las tareas que deberá realizar el operador, así como también la herramienta que deberá usar para desarrollarla.

Se especifica un tiempo aproximado para realizar cada tarea, y por último se indica la periodicidad de cada acción preventiva.



MANTENIMIENTO AUTONOMO DE TPM - AREA LASER

DESCRIPCION DE EQUIPO

NO. SERIE

TIPO DE PREVENTIVO

MANTENIMIENTO AUTONOMO

No. INSTRUCCIÓN: ILM00XX

REVISION: A00

FECHA: xx/xx/2014 Hoja 1-4

NO.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	AYUDA VISUAL	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	TIEMPO (min)	FRECUENCIA		
						D	S	M
1	VERIFICACION DE TEMPERATURA DE LASER Y OPTICOS EN CHILLER	A) Verificar el display de temperatura del láser y el óptico, se encuentre en menú principal, esto es que aparezca la leyenda "HOME PAGE PUMO STATUS, COMPRESSOR STATUS, CHILLER STATUS", si no presiona el botón de ESP (Escape) (Foto 1). B) Para obtener la lectura de temperatura de Laser presione el botón de Enter (Foto 1) y observe las lecturas de laser que aparecen en pantalla "real" (LASER TEMP) y la "programada" (SETPPOINT) (Foto 2). C) Para obtener la temperatura de ópticos se presiona el selector hacia abajo y aparecen la temperatura "real" (OPTICS TEMP) y la "programada" (SET POINT) (FOTO 3). D) Y si en ambos casos la temperatura de laser u óptico hay una diferencia de MAS de 10 unidades entre la temperatura "real" y "programada", existe una anomalía.		INDICADORES VISUALES			X	
2	VERIFICACION DE NIVEL DE AGUA EN CHILLER	A) Verificar que el nivel de agua, en pipeta (Foto 1), se encuentre dentro del rango especificado. Si el nivel se encuentra fuera de rango existe una anomalía.		INDICADORES VISUALES	1 min.		X	
3	VERIFICACION DE PRESION DE AGUA EN CHILLER	A) Verificar que la presión de agua, en los dos medidores de presión, se encuentren dentro del rango especificado (Foto 1). Si el nivel se encuentra fuera de rango existe una anomalía.		INDICADORES VISUALES			X	
4	VERIFICACION DE FLUJO DE AGUA EN CHILLER	A) Verificar que el indicador de flujo de agua este dentro del rango aceptable (Foto 1). Si el nivel se encuentra fuera de rango existe una anomalía.		INDICADORES VISUALES			X	
5	VERIFICAR PRESION DE AIRE PRINCIPAL	A) Verificar que el indicador de presión de aire este dentro del rango marcado (Foto 1) Si la presión se encuentra fuera de rango existe una anomalía.		INDICADORES VISUALES	0.25		X	
6	VERIFICAR NIVELES ESTABLES DE GAS MIX Y VALVULA CERRADA	A) Verificar niveles estables de gas mix en equipo Rofin de acuerdo a la instrucción ILO0008 + "Verificación de cambio de gas mix en Rofin", el cual indica que si en pantalla de rofin se observa la advertencia de "GASCHANGE IN MAX24H" se debe notificar al supervisor (Foto 1). La presión de la cámara aceptable es de 190 hpa +/- 5. B) Verificar que la válvula del tanque de gas mix esté cerrada completamente. (Foto 2) ES IMPORTANTE NOTIFICAR AL SUPERVISOR SOBRE ALGUNA ADVERTENCIA INDICADA EN EQUIPO ROFIN Y ESPERAR INDICACIONES PARA CAMBIO DE GAS MIX.		INDICADORES VISUALES	0.25		X	

Figura 5.- Hoja 1del TPM de máquina Focus XHP

La figura 4 describe el paso 7 del TPM, el cual consiste en realizar limpieza a la cabina de corte con un trapo, desengrasante y brocha, de forma diaria. El paso 8, indica una limpieza general, tanto a la máquina, como al equipo de cómputo, con un trapo, desengrasante, escoba y aire comprimido de forma diaria. El paso 9 nos muestra que se debe hacer una limpieza a los filtros de aire con aire comprimido, de forma diaria. Por último se señala la limpieza de la parte trasera y delantera de la máquina, así como las ollas donde se depositan los residuos, esta tarea se debe llevar a cabo con una escoba y un trapo.



MANTENIMIENTO AUTONOMO DE TPM - AREA LASER

DESCRIPCION DE EQUIPO

NO. SERIE

TIPO DE PREVENTIVO

MANTENIMIENTO AUTONOMO

No. INSTRUCCIÓN: ILM00XX

REVISION: A00

FECHA: xx/xx/2014 Hoja 2-4

NO.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	AYUDA VISUAL	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	TIEMPO (min)	FRECUENCIA		
						D	S	M
7	LIMPIEZA DE CABINA DE CORTE INTERNA	<p>A) Abrir puerta de cabina de corte y con la ayuda de un trapo. Limpiar superficialmente y con mucho cuidado el cabezal de corte aplicando desengrasante si es necesario.</p> <p>B) Limpiar también las paredes y ventanas internas de la cabina de corte. (Foto 1)</p> <p>C) Por último con ayuda de un trapo y brocha asegurarse de remover polvo y/o material acumulado en el área del cabezal. (Foto 2)</p> <p>Asegurarse que toda el área de la cabina de corte interna esté libre de polvo, suciedad o material sobrante y realizar esta actividad sin tendido dentro de cabina.</p> <p>Nota: Es importante que estén instalados las cubiertas laterales para obtener mayor sujeción del material y extracción de humo. Durante su limpieza realice una inspección para detectar cualquier anomalía o avería en el equipo.</p>	 	<p>TRAPO, DESENGRASANTE, MOPA Y BROCHA.</p>	1.5	X		
8	LIMPIEZA DE MAQUINA EN GENERAL Y EQUIPO DE COMPUTO	<p>A) Con ayuda de un trapo y desengrasante realizar una limpieza de cabina externa (paredes de cabina y ventanas) y máquina de corte en general (estructura metálica) removiendo polvo y suciedad (Foto 1)</p> <p>B) Limpiar con un trapo (SIN DESENGRASANTE) la pantalla de equipo de computo de máquina de corte y con aire comprimido el teclado (Foto 2)</p> <p>C) Por último, utilizando una escoba asegurarse que el piso de toda el área en general esté libre de polvo, suciedad y/o material sobrante. *No utilizar la mopa, para limpieza de pisos.</p> <p>Mantener esta actividad de limpieza del área durante todo el turno cuando sea notorio la acumulación de suciedad y material sobrante.</p>	 	<p>TRAPO, DESENGRASANTE, ESCOBA Y AIRE COMPRIMIDO</p>	1	X		
9	LIMPIEZA DE FILTROS DE AIRE	<p>A) Retirar manualmente la cubierta del filtro.</p> <p>B) Retira el filtro y sopleta con aire comprimido en un bote de basura, para evitar esparcir el polvo.</p> <p>C) Coloque nuevamente los filtros en su posición inicial.</p>		<p>AIRE COMPRIMIDO</p>	1	X		
10	LIMPIEZA DE PARTE TRASERA Y DELANTERA DE MAQUINA Y OLLAS DE RESIDUOS DE MATERIAL	<p>A) En la parte delantera y trasera de máquina de corte, limpiar la superficie de la estructura con un trapo (Foto 1) Asegurándose que quede completamente limpio.</p> <p>B) Con ayuda de la escoba retirar el material sobrante que se encuentra en la parte inferior (Foto 2). Asegurarse que todo el material sobrante (tela y papel) se deposite en el contenedor apropiado para material reciclado.</p> <p>ES IMPORTANTE TENER CUIDADO CON LOS CABLES AL MOVER LA OLLA Y NO LIMPIAR LOS SENSORES DE HAUSER PARA EVITAR MOVERLOS DE SU POSICION.</p>	 	<p>TRAPO Y ESCOBA.</p>	3	X		

Figura 6.- Hoja 2 del TPM de máquina Focus XHP

La figura 5 describe los pasos 11 al 13 del TPM, los cuales consisten en limpieza de mangueras y el equipo de chiller, con un trapo y desengrasante, de forma diaria. Revisión y alineación de los ribs (rejillas) con pinzas de punta y cinta adhesiva, realizándose esta tarea de forma semanal. Finalizando con la limpieza del plato y la boquilla, con trapo, desengrasante y cepillo metálico de forma diaria.



MANTENIMIENTO AUTONOMO DE TPM - AREA LASER

DESCRIPCION DE EQUIPO

NO. SERIE

TIPO DE PREVENTIVO

MANTENIMIENTO AUTONOMO

No. INSTRUCCIÓN: ILM00XX

REVISION: A00

FECHA: xx/xx/2014

Hoja 3-4

NO.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	AYUDA VISUAL	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	TIEMPO (min)	FRECUENCIA		
						D	S	M
11	LIMPIEZA DE MANGUERAS Y EQUIPO CHILLER	<p>A) Con ayuda de un trapo y desengrasante limpie el equipo chiller (superficie y paredes) por completo (Foto 1).</p> <p>B) Limpie cuidadosamente SIN JALAR las mangueras que se encuentran en la parte inferior el equipo (Foto 2). <u>Inspeccione si existe alguna anomalía en el área, como fugas de algún líquido.</u></p> <p>***TENER CUIDADO AL LIMPIAR PARTE SUPERIOR DE CHILLER PARA QUE NO SE INTRODUZCA EL TRAPO DENTRO DEL ABANICO DE ENFRIAMIENTO***</p>	 	TRAPO Y DESEGRASANTE	1		X	
12	REVISIÓN Y ALINEACIÓN DE RIBS	<p>NOTA: Por el mismo proceso de corte, los ribs sufren desgaste por la temperatura lo que provoca que los ribs se pandeen y se formen picos que hacen que el tendido se levante y se tengan problemas de calidad.</p> <p>A) Separar la banda de coda, teniendo cuidado de no desconectar la alimentación de la banda, esto se hace para acercarse a la zona de ribs. (Foto 1)</p> <p>B) Marcar con un tape en uno de los slat para saber el inicio y final de la actividad.</p> <p>C) Poner en marcha el conveyor a una velocidad considerada, y con la ayuda de pinzas de punta enderezar todas las imperfecciones de los ribs, ya sea que estén desalineados, doblados o desnivelados (Foto 2 y 3) esta actividad se realiza hasta dar toda la vuelta completa al conveyor (Indicada por el tape). En dado caso que el rib este muy dañado es necesario retirarlo del slat, utilizando las pinzas de punta jalando los extremos hacia arriba hasta que se logre quitar (Foto 4).</p> <p>Si los ribs están muy deteriorados y no sea posible su alineación o existan áreas consideradas sin ribs, existe una anomalía.</p> <p>ES IMPORTANTE ELIMINAR TODO EL MATERIAL ATORADO ENTRE LOS RIBS. CON LA AYUDA DE LAS PINZAS DE PUNTA RETIRE EL MATERIAL SOBRANTE. (Foto 5).</p> <p>RECOMENDACION: ES NECESARIO DAR POR LO MENOS 3 VUELTAS AL CONVEYOR PARA ASEGURAR REPARAR LOS RIBS.</p>	<p>Banda de coda sin separar</p>  <p>Banda de coda separada</p>  <p>Cable de Alimentación de Coda</p>   	PINZAS DE PUNTA Y TAPE	120			X
13	LIMPIEZA DE PLATO Y BOQUILLA	<p>A) Para remover y limpiar el plato se debe abrir la puerta de acceso.</p> <p>B) Retirar el plato quitando los tornillos de fijación con ayuda de llave allen.(Foto 1)</p> <p>C) Con un trapo y desengrasante limpiar por ambos lados del plato (dentro y fuera) (Foto 2 y3) retirando todo el acumulación de material y suciedad, en caso de ser necesario retirar el exceso de material con cepillo de latón y desengrasante.</p> <p>D) Limpiar la boquilla con un trapo y desengrasante retirando todo material acumulado (Foto 4) y VERIFICAR que la boquilla NO esta floja, si lo está, apriétela con la mano (Foto 5), si detecta que se afloja nuevamente, <u>pare proceso y notifique al Ing. de Mantenimiento.</u></p> <p>E) Colocar nuevamente el plato.</p> <p>F) Limpiar el cabezal con una brocha retirando el exceso de pelusa y polvo. (Foto 6).</p>	     	TRAPO, DESEGRASANTE, CEPILLO METALICO	3		X	

Figura 7.- Hoja 3 del TPM de máquina Focus XHP

La figura 6 describe los dos últimos pasos que consisten en la limpieza de espejos, con un algodón y atomizador con alcohol, de forma diaria. Limpieza de ópticos y verificación de o ring, también con algodón y atomizador con alcohol, de forma diaria.

DESCRIPCION DE EQUIPO		NO. SERIE		TIPO DE PREVENTIVO				
				MANTENIMIENTO AUTONOMO				
No. INSTRUCCIÓN: ILM00XX		REVISION: A00		FECHA: xx/xx/2014		Hoja 4-4		
NO.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	AYUDA VISUAL	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	TIEMPO (min)	FRECUENCIA		
						D	S	M
14	LIMPIEZA DE ESPEJOS	<p>Antes de iniciar esta actividad, asegúrese de utilizar torundas libres de contaminación (suciedad, rebabas y partículas en general)</p> <p>A) Después localice los dos espejos. Espejo 1 se encuentra en la parte trasera de la cama de corte (Foto 1) y el espejo #2 se encuentra ubicado en el eje del cabezal, eje Y (Foto 2). B) Tome una torunda de algodón y remójela con un disparo del atomizador de alcohol e inserte el algodón dentro de la estructura de montaje de los espejos (Foto 1 y 2) y limpie el espejo con movimientos transversales NO CIRCULARES y NO EJERCER DEMASIADA PRESION sobre los espejos, porque puede causar desalineación de rayo.(Foto #3) C) Secar los espejos con una torunda de algodón nueva y seca.</p> <p>Asegúrese que los espejos estén libres de impurezas o cualquier objeto que obstruya el paso del rayo y tire a la basura las torundas de algodón utilizadas.</p>		ALGODÓN Y ATOMIZADOR DE ALCOHOL.	1	X		
15	LIMPIEZA DE OPTICOS Y VERIFICACION DE O'RING.	<p>A) Para extraer los opticos del cabezal: afloje el tornillo opresor de la ventana (Foto 1) y tome de la parte superior la fixtura jalando hacia arriba el óptico tenga cuidado de NO TOCAR NUNCA el lente con los dedos (Foto 2) ponga la fixtura en una superficie plana para que no se caiga y/o dañe.</p> <p>B) Tome una torunda de algodón y remójela con un disparo del atomizador de alcohol y limpie la ventana por ambos lados y hágalo en movimientos transversales, NO CIRCULARES Y SIN EJERCER DEMASIADA presión sobre el lente (Foto 3). Cerciórese que el O'Ring (empaqué redondo de plástico) no se saiga de su posición durante la limpieza.</p> <p>C) Secar el lente por ambos lados con una torunda de algodón nueva y seca.</p> <p>D) Regresar la fixtura de la ventana a su posición original ALINEANDOLA CON LAS MARCAS DE LA FIXTURA PARA EVITAR COLOCAR LA VENTANA DE MANERA INCORRECTA.</p> <p>E) Repita la operación para el lente focal, este debe tomarlo con una mano evitando jalar las mangueras de enfriamiento y límpielo con la torunda de algodón previamente remojada con alcohol y séquelo por ambos lados. (Foto 4,5,6)</p> <p>Antes de instalar el óptico focal asegúrese de lo siguiente:</p> <p>1) QUE EL OPTICO ESTE LIBRE DE IMPUREZAS. 2) QUE EL O'RING ESTE INSTALADO EN LA RANURA DE LA FIXTURA DEL OPTICO FOCAL. 3) INSTALAR EL OPTICO POR EL LADO CORRECTO, REVISE QUE LAS MARCAS DE POSICION COINCIDAN (FOTO 7)</p>		ALGODÓN, ALCOHOL Y ATOMIZADOR	1	X		

Figura 8.- Hoja 4 del TPM de máquina Focus XHP

Finalmente, con la implementación de esta etapa, se obtuvieron ahorros de aproximadamente 60,000 pesos, solamente de la máquina Focus XHP.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo e implementación de este proyecto se tuvo la oportunidad de usar una de las metodologías más utilizadas actualmente en el sector manufacturero y de servicios industriales. Como se comentó a lo largo del presente proyecto, y los registros lo muestran, en la empresa se tenía un alto nivel de averías en el equipo de producción, el cual como consecuencia generaba el incremento en los niveles de desperdicio, afectando a la calidad del producto terminado.

Con la oportunidad de desarrollar el proyecto de vinculación en la empresa, se pudo identificar el área de oportunidad dirigida hacia la optimización en la utilización del equipo. Con los análisis expuestos en los resultados y con el éxito que el TPM ha registrado a lo largo del tiempo, se decidió desarrollar e implementar la estrategia más adecuada para la implementación del TPM en el equipo de corte, identificando con ello un incremento considerable en la eficiencia y productividad del equipo instalado. Cabe mencionar, que con la implementación del TPM se logró impactar positivamente a los tiempos muertos generados por los constantes paros de los equipos.

Durante el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo un análisis con diferentes herramientas de apoyo, con la finalidad de asegurar las necesidades del TPM y la correcta aplicación del TPM. Como ya se mencionó, el desarrollo del proyecto se enfocó particularmente en la máquina Focus XHP, utilizada para el corte de telas empleadas para la fabricación de las bolsas de aire.

En base al análisis, se concluyó que la implementación del TPM es factible, ya que el tiempo requerido para corte y el tiempo disponible por turno, dan cabida para la correcta implementación del TPM a la máquina.

Con la implementación del TPM se obtuvo una reducción de costos en refacciones del 23%. Teniendo como consecuencia, un incremento en la calidad de las bolsas de aire de un 12%, logrando con ello el aseguramiento de la calidad de los productos la cual es una de los objetivos de la compañía.

Finalmente y con base en los resultados expuestos a lo largo del proyecto de tesis, se concluye que la implementación del TPM en el quipo de corte, presentó alternativas de mejora sustanciosas lo cual da cabida a nuevos proyectos para la implementación de esta tecnología en el resto de las máquinas del área de corte. La implementación generará un proceso más eficiente, con resultados iguales o más significativos que los presentados.

RECOMENDACIONES

A continuación se presenta de forma resumida y en lista, algunos puntos a considerar para el correcto desarrollo e implementación de un TPM. Esto en base a las acciones y circunstancias que pueden o no afectar al mismo:

- 1- Al crearse un comité encargado del desarrollo del TPM, es fundamental la comunicación entre todas las áreas involucradas, teniendo como objetivo principal, el generar interés y un compromiso total en todos.
- 2- Llevar una estadística de los fallos por avería, para evaluar las máquinas que entrarán en el TPM, así como también posterior a su implementación, evaluar dichos estadísticos con los actuales para comparar las mejoras.
- 3- Diseñar formatos con la ficha técnica de la máquina, hoja con la frecuencia de las averías, formato de cómo realizar una inspección, programación para realizar, programa de mantenimiento, etc.

- 4- Delimitar perfectamente que tareas y procedimientos puede realizar el operador, y cuales deben efectuar el personal de mantenimiento.
- 5- Asignar presupuestos para el desarrollo de la estrategia TPM por máquina, y otorgarles un número que los identifique. Esto ayudará a mantener cierto control sobre los gastos y otros aspectos.
- 6- Reconocer y motivar por una buena realización del TPM o alguna mejora del mismo, otorgando algún tipo de reconocimiento o incentivo por parte de la dirección y de todos los integrantes de la empresa. Esto hará más participativos a todos con nuevas ideas, teniendo como consecuencia una frecuente mejora continua.
- 7- Se debe creer en la capacidad del trabajador, esto fomentará la resolución de problemas de manera autónoma, ya que algunas veces por la urgencia de algún problema en la máquina, este deberá tomar decisiones y/o riesgos.

BIBLIOGRAFÍA

- Lluís Cuatrecasas, Francesca Torrell. *TPM en un entorno Lean Management*, Barcelona: Profit editorial.(2010).
- Enrique Dounce Villanueva. *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. 4ta edición. México: Editorial Continental(1998).
- Santiago García Garrido.(Madrid,España 2012).
<http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>
- Francisco Javier González Fernández.*Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*.2da edición. España:FC editorial. (2005).
- Francisco Madariaga Neto. *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok Publishing. (2013).
- A. Arata y L. Furlanetto. *Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*. RIL Editores. 1a Edición. Santiago, Chile. (2005).
- B. Hudson. *Risk-based maintenance*. Petroleum Technology Quarterly. PTQ Q4. (2006).
- Luis Amendola. *Organización y Gestión del Mantenimiento*.2da edición. PMM Institute For Learning. (2012).
- Daniel T. Jones, James P. Womack. *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Grupo Planeta. (2012).

ANEXO Tabla Westinghouse

HABILIDAD			ESFUERZO		
0.15	A1	Superior	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2		0.12	A2	
0.11	B1	Excelente	0.10	B1	Excelente
0.08	B2		0.08	B2	
0.06	C1	Buena	0.05	C1	Bueno
0.03	C2		0.02	C2	
0.00	D	Media	0.00	D	Medio
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Pobre	-0.12	F1	Pobre
-0.22	F2		-0.17	F2	
CONDICIONES			REGULARIDAD		
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0.00	D	Medias	0.00	D	Media
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Pobres	-0.04	F	Pobre