



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MEXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACIÓN

[IMPLEMENTACION DE **TPM** (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL) AREA DE
MAQUINADOS]

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

ISAAC NAHUM DIAZ NIETO

ASESOR:

EDGAR ZACARIAS MORENO



Mayo

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

Agradecimientos

Primeramente, gracias a Dios que me permitió llegar hasta esta etapa tan importante de mi vida con bienestar y salud.

Al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Por supuesto al Sr. Gustavo Armendáriz Viramontes y a su hermano José Guadalupe Armendáriz Viramontes por tenerme la confianza y brindarme la oportunidad de realizar mis residencias profesionales en Sacrosa Triturados de Aguascalientes.

A mi Madre y Padre por apoyarme incondicionalmente de la manera económica, emocional y por siempre darme consejos, así como sus ejemplos de perseverancia, para poder salir adelante con ética e inteligencia. De igual manera a mis dos hermanos por la paciencia y ayuda que nos brindamos mutuamente a lo largo de nuestras carreras, apoyándonos con los diferentes conocimientos adquiridos de cada uno para facilitarnos un poco la terminación de la carrera de cada uno de nosotros.

También agradecer a esa persona que desde siempre ha estado ahí para apoyarme en buenos como en malos momentos, y jamás dejo de creer en mi así como de todo lo que soy capaz, infinitas gracias a ella.

A Modesto Alfonso Jiménez Ballado y M. en C. Oscar Martin Nájera Solís por su valioso tiempo y sabiduría que me brindaron a lo largo del proyecto.

Y, por último, pero no menos importante a los maestros que tuve a lo largo de estos 4 años que me brindaron un poco de su conocimiento y hacer posible mis logros y mis sueños.

Resumen

El presente trabajo describe la implementación de un TPM (Mantenimiento Productivo Total) del tipo programado para la maquinaria y equipos críticos que intervienen en los procesos llevados a cabo en el área de Maquinados en la empresa Sacrosa Triturados de Aguascalientes S. A de C.V

La implementación de este programa de mantenimiento del tipo ya mencionado en esta empresa productora de materiales y herramientas para la construcción, tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de las máquinas y equipos en esta empresa, de una manera eficiente y segura, con el fin de contribuir en el cumplimiento de las políticas de calidad establecidas por la empresa, de igual manera con los tiempos de entrega de los pedidos.

Así mismo este programa de mantenimiento minimizará los costos por cada mantenimiento a realizar en un determinado tiempo, como su planeación y ejecución en tiempo y forma.

Antes que nada, se realizó una investigación de los antecedentes del mantenimiento para determinar el tipo mantenimiento a aplicar, analizando el área de trabajo en las condiciones como se encuentra, además de establecer el presupuesto que la empresa tiene disponible para este tipo de mantenimiento.

Posteriormente se elaboró el modelo para la administración de mantenimiento de esta empresa. Cabe resaltar que este modelo cuenta con un sistema de información que permite llevar el mantenimiento de manera organizada y controlada.

Durante la implementación se realizó el inventario y codificación de la maquinaria y equipo, la base de la maquinaria y equipos críticos se diseñó con el programa de mantenimiento preventivo.

Finalmente se presentan los indicadores de mantenimiento que permitirán evaluar el desempeño del programa y realizar tanto los ajustes como las correcciones necesarias en este programa de mantenimiento programado.

Índice

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES	2
<i>Agradecimientos</i>	2
Resumen	3
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	7
<i>Introducción</i>	7
<i>Antecedentes de la empresa</i>	8
Problemas a resolver	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Justificación del Proyecto	14
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	15
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	16
Historia	17
Características	34
Filosofía del TPM	34
Ventajas de implementar TPM	35
Pilares TPM	36
Pérdidas	40
¿Cómo implantar un TPM?	45
¿Cuándo debe implementarse el TPM?	46
Mantenimiento	47
Mantenimiento programado	47
Descripción general	48
¿Cuál es la diferencia entre mantenimiento programado y mantenimiento preventivo?	49
¿Qué importancia tiene el mantenimiento programado?	49
¿Qué es el mantenimiento programado de fábrica?	49
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	50
<i>Investigación de los manuales de la maquinaria o antecedentes de fallas.</i>	50
<i>Área de Trabajo.</i>	50
<i>Análisis costos.</i>	51
<i>Elaboración de hoja de control.</i>	51
<i>Elaboración de actividades de mantenimiento.</i>	51
<i>Hoja de cambio de piezas dañadas</i>	52

<i>Check list</i>	52
<i>Actividades extras.</i>	52
<i>Diagramas de actividades</i>	54
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	55
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	74
<i>Conclusiones del proyecto</i>	74
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS.	75
<i>Competencias desarrolladas y / o aplicadas.</i>	75
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	76

Índice de figuras

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa.	9
Figura 2. Estructura organizacional área de maquinados.	10
Figura 3. Premios otorgados por el JIPM en TPM fuera de Japón	24
Figura 4. Premios otorgados por el JIPM en TPM fuera de Japón	25
Figura 5. Diagrama de filosofía del TPM.	34
Figura 6. Esquema de las perdidas consideradas en el TPM.	45
Figura 7. Mantenimiento de mayor nivel en fresadora.	53
Figura 8. Revisión de estado de engranajes.	53
Figura 9. Revisión de caja de automático.	54
Figura 10. Bandas trasportadoras de materia prima.	56
Figura 11. Máquina cargador frontal en espera de refacción.	57
Figura 12. Área de carga de camiones y góndolas.	57
Figura 13. Maquinaria lista para rentar.	58
Figura 14. Motor antes del mantenimiento.	67
Figura 15. Bandas antes del mantenimiento.	67
Figura 16. Fresadora antes del mantenimiento.	68
Figura 17. Torno sin aplicación del mantenimiento	68
Figura 18. Torno con mantenimiento realizado	69
Figura 19. Bandas y motor después del mantenimiento.	69
Figura 20. Mantenimiento a fresadora	70
Figura 22. Desmontaje de caja de automático.	71
Figura 23. Revisión de caja de automático.	71

Figura 24. Chequeo de engranajes y lubricación. 72

Índice de tablas

Tabla 1. Diagrama de actividades del hechas por el residente.	55
Tabla 2. tabla de fallas por mes.	55
Tabla 3. Tabla de precios de materia prima y viajes por día.	56
Tabla 4. Diagrama de actividades de mantenimiento torno I.	59
Tabla 5. Diagrama de actividades de mantenimiento torno II.	60
Tabla 6. Diagrama de actividades de mantenimiento fresadora I.	61
Tabla 7. Diagrama de actividades de mantenimiento fresadora II.	62
Tabla 8. Hoja de control del mantenimiento.	63
Tabla 9. Hoja de check lisct de tornos.	64
Tabla 10. Hoja de check lisct de fresadoras	65
Tabla 11. Hoja de reparación o cambio de piezas.	66
Tabla 12. Tabla de fallas por mes después del mantenimiento	73

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

Introducción

Las empresas mexicanas proveedoras de materiales y herramientas para la construcción, son fuente importante en el mercado tanto nacional como internacional, debido a sus grandes estándares de calidad y producción puesto que estos ayudan al buen manejo y control de equipos como del mismo personal.

El manejo de las empresas siempre debe tener un rango elevado para de esta manera asegurar una mejor calidad para el consumidor, por lo cual se implementará un TPM bien establecido el cual mejore y agilice los procesos específicamente en el área de maquinados.

El desarrollo de un TPM en las empresas que no cuentan con uno o no lo implementan de manera constante, es importante para que nuestras perspectivas de calidad tengan una mejor visión hacia la mejora de ésta y de esta manera garantizar un mejor desarrollo frente a la competencia, teniendo una ventaja sobre las que no cuenten con uno, u operar de manera óptima para competir a grandes escalas.

Es bien sabido que grandes empresas de este sector han conseguido un gran prestigio y reconocimiento a niveles nacionales e internacionales, mientras que otras solo cuentan con un emprendimiento a manera de sustento.

En el presente trabajo, se presentará de manera detallada tanto la metodología como información de suma importancia que ayudaron a la realización adecuada del proyecto “Implementación de un TPM en el área de maquinados, para la agilización y optimización de procesos”, debido a que fue lo arrojado en la investigación realizada antes de emprender este proyecto.

Antecedentes de la empresa

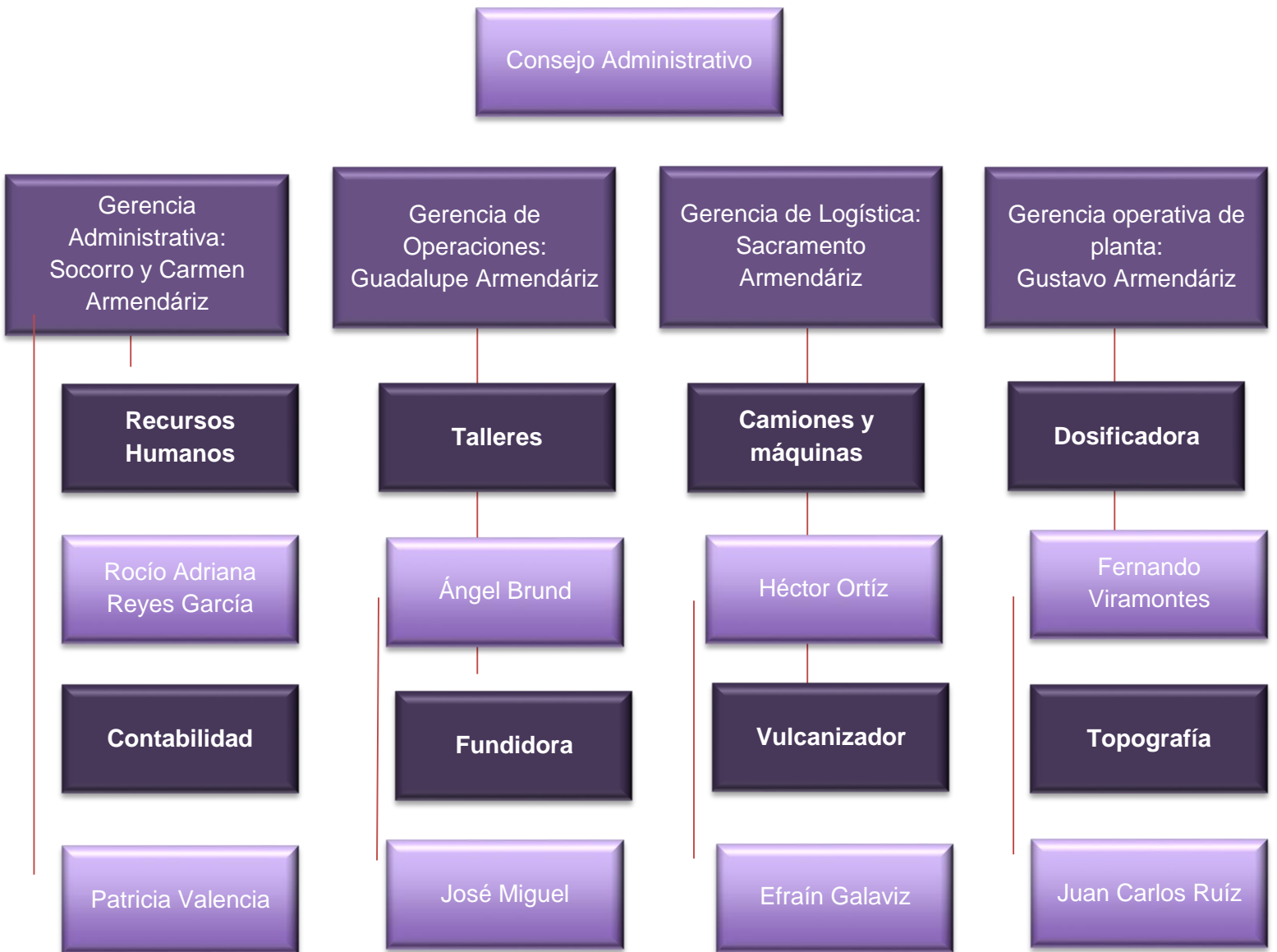
SACROSA TRITURADOS DE AGUASCALIENTES SA DE CV se fundó en 1995 por el señor Sacramento Armendáriz Escalera, una persona inteligente, visionario y emprendedor, él se propuso auto emplearse y es aquí donde nace la idea de crear una quebradora, negocio dedicado al procesamiento de arena, grava, y todo el material para la construcción, posteriormente de ver los resultados favorables, el señor Sacramento registró la empresa legalmente con el nombre de él y de su señora esposa Rosario, razón por la cual surge el nombre “SACROSA” Sac-Sacramento - Rosa- Rosario” SACROSA TRITURADOS DE AGUASCALIENTES S.A. de C.V. inició sus operaciones en el año 1996 por lo que ya cuenta con más de 24 años de presencia y trayectoria en el mercado.

Desde el inicio de sus actividades se especializó en la producción y venta de materiales, pero, en el año 2006 se transformó ya oficialmente en una persona moral denominada como SACROSA TRITURADOS DE AGUASCALIENTES S.A. DE C.V.

Extendió sus servicios a la venta de concreto y se formalizó como constructora en año 2012, teniendo como objetivo principal, ser una empresa reconocida y cubrir las necesidades de los clientes, basado en este objetivo, la empresa fue creciendo en el mercado competente que logró transformarse en una complementaria la cual en la actualidad es capaz de crear su propia maquinaria y herramienta. Varias actividades para brindar mayor servicio a nuestros clientes, siempre buscando trascender en el mercado con los servicios que ofrece y dando excelente calidad en sus productos.

Hasta la fecha sigue siendo una empresa familiar ahora en la actualidad manejada por los hijos del señor Sacramento Armendáriz los cuales están comprometidos a seguir el legado de su señor padre y cumplir con la misión de la empresa. Es importante decir que “GRUPO SACROSA” es una empresa 100% mexicana que al paso del tiempo se ha ido consolidando, debido a su capacidad, integridad y responsabilidad técnica, logrando la aceptación de diversas instituciones relacionadas con la industria de la construcción tanto privadas como de gobierno.

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa.



Organigrama área de maquinados

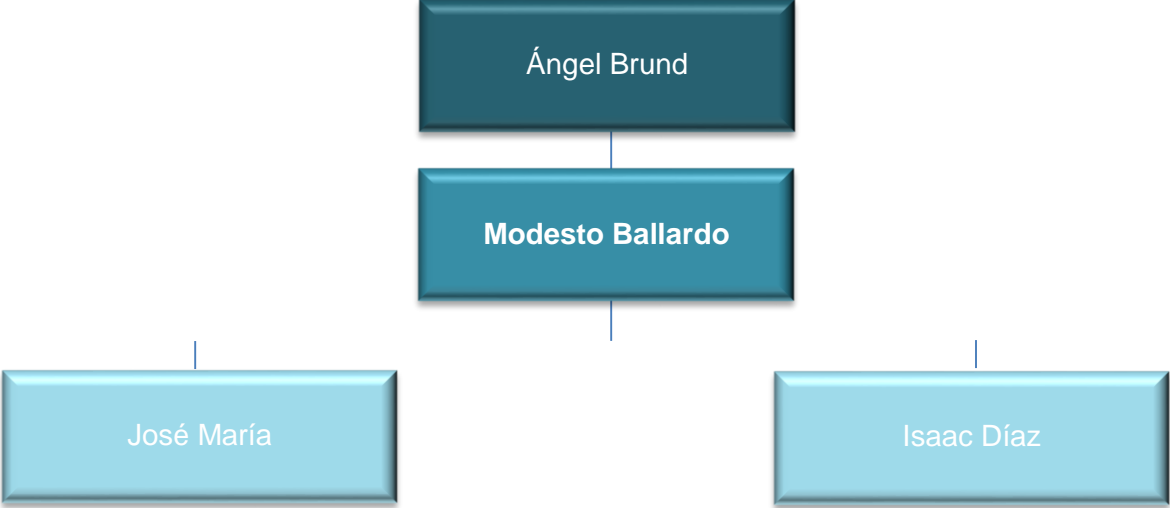


Figura 2. Estructura organizacional área de maquinados.

Clientes

- AVACCONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.
- CAMINOS Y URBANIZACIONES DEL CENTRO, S.A. DE C.V.
- CONSTRUCTORES DEL ZAPOTILO, S.A. DE C.V.
- INMOBILIARIA Y ARRENDADORA VICARAR, S.A. DE C.V.
- JORGE GUTIERREZ MARTIN DEL CAMPO
- LATINOAMERICANA DE CONCRETOS, S.A. DE C.V.
- MAQUINARIA Y CONSTRUCCIONES CAFA, S.A. DE C.V.
- MAQUINARIA Y CONSTRUCCIONES DE LA SERNA, S.A. DE C.V.
- MATERIALES TRITURADOS DE AGUASCALIENTES, S.A. DE C.V.
- MATERIALES TRITURADOS ARMENDARIZ HNOS, S.C. DE R.L.
- PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIONES DE AGUASCALIENTES, S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS DE CONCRETO DE AGUASCALIENTES, S.A. DE C.V.
- TAF CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.
- URBANIZACIONES Y EDIFICACIONES GAES, S.A. DE C.V.
- CONCRETOS MPG S.A. DE C.V.
- PRODUCTOS DE CONCRETOS DE AGUASCALIENTES, S.A. DE C.V.
- DESARROLLOS Y CONSTRUCCIONES DEL CENTRO, S.A. DE C.V. (GRUPO SAN CRISTOBAL)
- CORPORATIVO CONSTRUYE, S.A. DE C.V.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, S.C.T. AGUASCALIENTES
- SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA Y COMUNICACIONES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES, SICOM
- SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS DEL MUNICIPIO DE AGUASCALIENTES
- GRUPO TERRAHOME
- CONSTRUCTORA ALMER, S.A. DE C.V.
- ALMED CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.
- COMISIÓN NACIONAL DE ZONAS ÁRIDAS (CONAZA)
- CONSTRUVAL CONSTRUCCIONES
- TRACK SPEQ SOLUCIONES FERROVIARIAS
- CONSTRUCCIONES Y EQUIPOS GAR, S.A. DE C.V.

Misión.

Nuestra misión es agregarle valor a la naturaleza mediante los procesos de construcción, tomando en cuenta al medio ambiente, comprometiéndonos a cumplir satisfactoriamente los trabajos a realizar con el fin de ofrecer a nuestros clientes la mayor calidad en construcción.

Visión.

Nos esforzamos diariamente por ser una empresa reconocida por nuestros clientes y la comunidad a nivel regional, nos desempeñamos con profesionalismo calidad y servicio. Mantenemos un estricto control en los aspectos de seguridad, salud y medio ambiente en las tareas que aquí ejecutamos tanto a nivel personal como el institucional.

Políticas de calidad.

En SACROSA, estamos atentos para llevar a cabo todas las acciones necesarias para garantizar la salud, la seguridad y un medio ambiente satisfactorio para el personal en general, así como salvaguardar la integridad de las instalaciones donde realizamos nuestros trabajos.

Valores Trabajo en Equipo

Solo a través del trabajo en equipo se logra el mejoramiento continuo, en el que se combinan conocimiento, habilidades y el compromiso de los individuos que conforman la organización, para lograr una administración participativa la cual nos permita adquirir una posición más competitiva.

Respeto

Para lograr una armonía ordenada se debe partir de la comprensión en la diversidad de las personas para lograr una convivencia pacífica y benéfica para todos.

Responsabilidad

Cumplir con nuestras obligaciones es fuente de orgullo y superación.

Problemas a resolver

Uno de los principales problemas que se detectaron fue la falta de mantenimiento programado o predictivo ya que solo se realizaba mantenimiento correctivo a la hora de que se necesitaba el equipo, haciendo que su arreglo fuera costoso por la pérdida de tiempo y la falta de una persona que se pudiera encargar de eso. La siguiente problemática que se detectó fue la carga de trabajo, ya que es un área donde se tiene bastante demanda debido a que son bastantes refacciones que se realizan día con día y poco personal en esta área, y por esa razón se observa la necesidad de tener una persona que se encargue del mantenimiento de los equipos para reducir el tiempo de paros de máquinas y equipos, y así los trabajadores de esta área no tengan tanta carga de trabajo extra. Otro problema es la capacitación del personal, esto es de suma importancia y debido a la carga de trabajo es muy difícil su realización ya que es un área donde se ocupa de mucha ayuda o capacitación; por último, los equipos en esta área no se encuentran trabajando en su máxima capacidad por falta de mantenimiento esto hace que las refacciones no se realicen con la precisión adecuada y es más tardado el tiempo de ensamble debido a esta problemática.

Objetivo General

Implementación de un TPM en el área de maquinados haciendo énfasis en el mantenimiento planeado de los equipos tomando como referencias los datos históricos de bitácoras de las fallas para evitar paros excesivos y así hacer que los equipos trabajen un su 90% de efectividad Y evitar pérdidas monetarias de 35 % esto en 5 meses.

Objetivos Específicos

1. Llevar un registro detallado de los equipos para obtener su rendimiento.
2. Analizar de los datos históricos o bitácoras de fallas de los equipos.
3. Generar un plan de mantenimiento mensual para dos tornos y dos fresadoras.
4. Elaborar hojas de control para tener más orden sobre los mantenimientos que se hayan realizado.

Justificación del Proyecto

El proyecto se realizará con base a que solo se aplica mantenimiento correctivo sin que se detecte que esto les toma bastante tiempo en la hora de corregir la falla ya que son fallas graves y su reparación es más costosa es por esta razón que se decidió por la implementación de la metodología TPM haciendo énfasis en el mantenimiento programado ya que no están funcionando los equipos en su máximo rendimiento de esta manera se vio en la necesidad que se realice lo más pronto posible.

Se espera con la implementación de esta metodología reducir un 85 a 90% los niveles de tiempo muertos llevando los equipos a estar en su mejor estado mejorando la cantidad y calidad de piezas a realizar

Con esta implementación de la metodología mencionada se busca hacer que la empresa tenga un ahorro de hasta un 60 o 70% en costos de mantenimiento reflejadas por la producción de refacciones como en tiempos de arreglo de los equipos

Causará un impacto aceptable a la empresa con el desarrollo de la metodología por la razón de que reducirá costos de mantenimiento, carga de trabajo, elimina tiempo en muertos y mayor calidad en las piezas a realizar o reflexiones.

Cabe de aclarar que todas las refacciones que se requieren dentro de las 3 plantas de Sacrosa Triturados de Aguascalientes se llevan a cabo dentro del área de maquinados es por eso que es de suma importancia tener los equipos en su mejor condición posible para evitar problemas más graves.

Como tampoco existe una persona que se encargue del mantenimiento de los equipos, los operadores tratan de arreglar las fallas, ocasionando bastante tiempo en su arreglo y esto a su vez incrementa la carga de trabajo por falta de personal.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

¿Qué es el TPM?

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las llamadas <seis grandes pérdidas> del proceso productivo, y con el objetivo de facilitar la implantación de la forma de trabajo “Just in Time” o “justo a tiempo”. TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o, en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

+ Cero averías

+Cero tiempos muertos

+Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos

+Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos al estado de los equipos

Se entiende entonces perfectamente el nombre: mantenimiento productivo total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total.

El mantenimiento ha sido visto tradicionalmente con una parte separada y externa al proceso productivo. TPM emergió como una necesidad de integrar el departamento de mantenimiento y el de operación o producción para mejorar la productividad y la disponibilidad.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología Lean Manufacturing de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente.

El TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de

"mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos. El TPM es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos. En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de "producir" y otras de "reparar" cuando hay averías, el TPM aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos. Esto quiere decir que se considera que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo, ya que este convive y trabaja diariamente con la maquina/s por lo que llega a conocerla muy profundamente. El TPM es una nueva dirección para la producción. El TPM, que organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción, es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento preventivo consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas.

La forma planificada requiere de una programación periódica, teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas del fabricante, y el histórico de averías de los equipos.

Como una evolución de la planificación periódica de las actividades de mantenimiento, se incorpora el concepto de mejoramiento de los equipos, con el propósito de evitar que se produzcan fallas, aprovechando el conocimiento del operario. Como resultado nace un plan de mantenimiento relacionado con mejoras incrementales.

De este concepto de planificación periódica del mantenimiento relacionado con mejoras incrementales, nace el TPM (Mantenimiento Productivo Total).

Historia

Para conocer los orígenes del TPM, debemos situarnos en el Japón posterior a la finalización de la II Guerra Mundial. En esta época (1946 – 1952), los japoneses estaban en la reconstrucción de su país.

Como parte de este enorme proyecto, buscaron a expertos en control estadístico como Walter Andrew Shewhart o William Edwards Deming. En 1950, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUSE) invitó al Dr. Deming, debido a su conocimiento acerca de Japón y su cultura, a impartir unas charlas sobre Calidad y Control Estadístico de Procesos (SPC).

Como experto en estadística, Deming, que durante la guerra estuvo a cargo de optimizar la calidad en la fabricación del armamento estadounidense usado precisamente contra Japón, comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar, mediante análisis estadísticos, la calidad de sus productos durante la fabricación.

Estos análisis permitían “entender lo que las máquinas dicen”, ya que la calidad exigida fluctúa en función de variaciones en el proceso de producción. Al combinarse los procesos estadísticos se creó toda una Cultura de la Calidad, una nueva forma de pensar en el trabajo, que inicialmente se denominó como “Total Quality Management (TQM)” y que, con el tiempo, hacia la década de los setenta y fruto de la recesión por la crisis del petróleo y la alta competitividad industrial entre Estados Unidos y Japón, evolucionó hasta lo que actualmente conocemos como TPM.

Actualmente, se asocia al plan que se usaba en la planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de la década de los 60. Seiichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Evidencia de implementación y resultados de casos similares al proyecto a realizar.

Caso 1: Empresa mexicana de galletas

Una de las empresas más grandes de México, dedicada a la manufactura de galletas, golosinas, pastas, cereales y otros productos alimenticios, empezó a tener problemas de exceso de inventario. Es una dificultad común entre las industrias que tienen procesos continuos, es decir: en aquéllas donde las máquinas efectúan la corrida de producción con un operador que se limita a supervisar los procesos.

A través de una serie de eventos Kaizen se obtuvo una nueva organización de la línea de empaque. La implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total), repercutió en un uso más eficiente de las máquinas. También se llevó a cabo la optimización del inventario, lo cual generó mayor flujo del mismo.

El primer evento Kaizen implicó la optimización del inventario para generar un mayor flujo, atendiendo así el área de oportunidad más clara dentro de la empresa. El objetivo principal fue reducir las demoras de distribución por tiempo muerto de las máquinas. La solución implementada consistió en seguir la estrategia de TPM (Mantenimiento Productivo Total), gracias a la cual se logró dar un uso más eficiente a las máquinas.

No obstante, todavía era necesario reducir los defectos de calidad. Esta meta se logró a través de lo que conocemos como Análisis de Soluciones de Problemas de Calidad.

TBM Consulting Group identificó otro reto importante en la línea de empaque, que es un área discreta. Después de realizar un análisis fue posible eliminar algunos pasos de este proceso, reduciendo las líneas de empaque y acercándolas más al almacén. De esta manera se volvió mucho más eficiente el movimiento del personal y del producto.

Por otro lado hubo que optimizar la flotilla de trailers. Para ello, se implementó una evaluación en el área de transporte que permitió establecer estándares y tiempos de carga. La estrategia fue exitosa, pues generó de manera inmediata un flujo más eficiente entre el almacén y el embarque. La misma evaluación incluso derivó en que se renovara parte de la flotilla y se eliminaran unidades obsoletas. Todas estas medidas hicieron que la productividad incrementara en esencia y que se redujera la necesidad de contar con un 27% del personal. Cabe aclarar, sin embargo, que este personal no fue despedido: sólo reasignado a otras áreas para cubrir la rotación.

RESULTADOS:

La productividad tuvo un incremento general del 30%. Hubo una reducción del 40% en tiempos muertos y merma, así como una mejora significativa en los tiempos de lavado y de sanitización.

En suma, se incrementó la productividad en un 30% o 40% mediante la reducción de la mitad de los transportadores existentes, con lo cual disminuyeron drásticamente los costos de mantenimiento y de reparación, así como las pérdidas debido a cambios de motores y refacciones.

Caso 2

Aproximadamente el 80% de sus horas de mantenimiento fueron dedicadas a órdenes de trabajo de emergencia. En octubre de 1997 más de 1660 horas fueron consumidas por mantenimiento no planeado en solo una área. Diez meses después ese número cayó a menos de 30 horas. Esto es una reducción mayor al 99%.

En otra área ellos pudieron lograr casi un 98% de reducción en las horas de mantenimiento no planeadas en un período de ocho meses. Greg Folts, Gerente de Mejora Continua en MRC atribuye este notable éxito a un trabajo duro, un equipo de mantenimiento dedicado y a implementar un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés).

Folts dijo “Iniciamos despacio, empezando con una área pequeña que era crítica para nuestro proceso pero que estaba experimentando problemas crónicos.” “Al inicio, mucha gente estaba escéptica y no realmente interesada en involucrarse con TPM,” dijo él. “Teníamos un núcleo de gente que estaba excitada acerca de TPM y recurrimos a la ayuda de gente de fuera de nuestra organización para que trabajara con nosotros,” dijo Folts. MRC trabajó con Preston Ingalls, Presidente del Instituto Marshall, para organizar sus esfuerzos de TPM. Él continuó, “Preston nos ayudó a arrancar, pero también fue nuestro mejor animador. Él encendió a nuestra gente acerca de TPM.” Uno de los clientes de MRC, Pratt-Whitney, también apoyó sus esfuerzos facilitando el primer evento TPM de MRC y compartiendo sus prácticas TPM con MRC.

MRC empezó con un evento TPM de una semana. Folts explicó que podrían empezar limpiando, inspeccionando, lubricando, y efectuando trabajo correctivo en una pieza de maquinaria. Una vez que una máquina fue limpiada, esta sería pintada. Al principio, la gente rechazaba participar en eventos TPM. Conforme el tiempo pasó, las personas

empezaron a notar las mejoras que se estaban logrando bajo los eventos TPM. “En efecto, la gente que se oponía al principio estaba súbitamente preguntando que cuándo su máquina se programaría para un evento TPM,” dijo Folts.

Rick Staples, un Electricista que ha estado involucrado con TPM desde que empezó dijo, “Los cambios físicos son fáciles de ver. Nuestras máquinas son más confiables, el área está más limpia y es mucho más placentera para trabajar en ella. Otros cambios, para aquellos de nosotros que trabajamos aquí cada día, no son tan fácilmente notados. Por ejemplo; varias personas que estuvieron totalmente contra TPM en el arranque, ahora participan activamente en los ejercicios TPM o en los grupos de mejora de equipos.

Otro individuo, que me dijo que mantuviera al TPM lejos de sus máquinas, ahora es un Coordinador TPM de su área, totalmente entrenado. Son ese tipo de cosas que realmente me sorprenden. El cambio cultural es lento, pero se está dando.”

MRC formó Grupos de Mejora de Equipos (EITs por sus siglas en inglés) para trabajar en resolver asuntos relacionados con el equipo. Folts da crédito a los EITs por un éxito que fue crítico en su adopción de TPM. Él explicó que ellos tenían una pieza de equipo con problemas crónicos. Estaba descomponiéndose mensualmente y requería de tres a cuatro días para arreglarlo en cada ocasión. Él explica, “Estábamos realmente frustrados por éste problema, seguíamos reparándolo sólo para ver que se descomponía nuevamente.”

El EIT tomó el problema y descubrió que el fabricante original había usado un acoplamiento fuera de especificaciones en una unidad motriz. El problema se resolvió instalando el acoplamiento apropiado. Esta sola corrección incrementó la eficiencia en ésta pieza de equipo en un 16%. “Por dedicar el tiempo para encontrar la raíz de las fallas, en lugar de sólo arreglar los síntomas, pudimos resolver éste problema. En los años que siguieron a esta reparación, el problema fue completamente eliminado. Este éxito mostró a mucha gente en la compañía que TPM puede hacer más sencilla la vida diaria de todos, así como mejorar la productividad,” dijo Folts.

Después del éxito inicial, seguido por ocho eventos de TPM, MRC expandió sus esfuerzos de TPM a su segunda facilidad. Ellos crearon un Comité de Dirección de TPM en su segundo sitio y crearon también un Grupo de Políticas para coordinar los esfuerzos de ambas facilidades. El Presidente de MRC Bearings, Bengt Nilsson, se unió al grupo de políticas como un miembro activo. “El tener al presidente de la compañía trabajando con nosotros para impulsar el TPM envió un claro mensaje a todos de que este no era solo otro programa del ‘sabor del mes’,” dijo Folts.

Don Russell fue solicitado para asistir en conducir el proceso como Coordinador TPM. “hemos sido muy afortunados en tener un soporte fantástico de nuestra administración y de nuestro personal del Sindicato UAW (siglas de United Auto Workers),” dijo Russell. En un boletín reciente de la compañía MRC, el presidente Nilsson aparece hombro con hombro con los Coordinadores de Área de TPM. El TPM en MRC ha sido descrito como uno de los programas co-administrados más exitosos de todos los iniciados en MRC. Mr. Nilsson dijo, “Estoy muy satisfecho y orgulloso de como la organización completa, después del escepticismo y oposición inicial, abrazó de manera entusiasta el concepto TPM. Es de la mayor importancia el contar con maquinaria confiable y bien mantenida para servir bien a nuestros clientes y tener entregas en tiempo. Un programa TPM bien desarrollado es uno de los puntos principales en nuestra búsqueda de excelencia en la manufactura.”

MRC entrenó diez Coordinadores de Área de TPM que son dedicados a TPM una semana cada mes. Esos Coordinadores TPM organizan eventos TPM en sus áreas, también lideran EITs, y se aseguran que el proceso siga trabajando. MRC ha empezado a crear equipos TPM de tiempo completo. Uno de esos equipos, integrado por Jeff Franklin, un electricista, Jim Klugh, un Mecánico, y Jeff Johnson, un Operador, pudieron corregir un problema de mucho tiempo en un equipo que redujo, a casi cero, el desecho producido por ese equipo.

Folts y Russell atribuyen el éxito en implementar TPM a siete cosas. Russell dijo, “Nosotros nos dimos cuenta temprano en esto, que no podríamos hacer todo. Así que

identificamos unas pocas áreas que sentimos que eran clave, hicimos esas cosas, y las hicimos bien.” Las áreas en que se enfocó MRC fueron:

Mantenimiento Preventivo

- 1- Colocar los procesos de mantenimiento predictivo en su lugar (ejemplo, equipo de análisis de vibraciones)
- 2- Limpieza de las máquinas, originando inspección
- 3- Creando estándares en el equipo para limpieza, lubricación y chequeos diarios
- 4- Recolectando datos sobre tiempos muertos
- 5- Creando Grupos de Mejora de Equipo (EITs)
- 6- Creando Coordinadores de Área de TPM

De ésta experiencia, Russel sugiere a las organizaciones que empiezan programas TPM que inicien en pequeño y que lo conserven simple.

Caso 3: Implementación en empresas mexicanas

TPM es una filosofía de gestión empresarial de origen japonés adoptada en todo el mundo por grandes compañías con altos niveles de competitividad. A lo largo de 48 años de existencia se han ido sumando numerosas experiencias y testimonios de éxito y fracaso que lo han enriquecido aún más y que han permitido incluso generar estrategias de adopción propias para cada país o región. Sin embargo, esto presenta un reto para cada lugar.

Ha sido exitoso porque es un sistema de gestión basado en la transformación de la competitividad y la autonomía del equipo de trabajo que, si bien fue diseñada principalmente para las áreas de producción y mantenimiento, como filosofía de trabajo es aplicable a otras áreas dentro de la compañía.

En México, empresas con gran presencia en mercados nacionales e internacionales han implementado TPM y han obtenido importantes premios por los logros alcanzados.

Tal es el caso de Unilever en su división Helados Holanda, Sigma Alimentos y recientemente Tequila Sauza. Sin embargo, cabe destacar que el camino no ha sido fácil y que no lo es aún para quienes pretendan emprenderlo. Se debe considerar además que, por la particularidad de las diferencias culturales entre regiones o países, se tienen que adoptar estrategias también particulares de implantación. Por lo que a continuación, abordaré algunos de los factores culturales organizacionales y psicosociales propios de México a considerar con este fin.

Según Salzmann (1977) “la cultura es la totalidad del comportamiento social aprendido que ha distinguido a la humanidad durante el curso de su historia”. En términos más precisos, cultura también significa la manera tradicional de hacer las cosas en una sociedad determinada. TPM implica a las organizaciones una adopción cultural profunda y asumirla o no la puede llevar al éxito o al fracaso. Diversos autores como Marín-García, J. (2013) han hecho estudios e identificado las principales barreras y los caminos para vencerlas en favor de la exitosa adopción de la nueva cultura.

El TPM fue difundido y registrado como tal en 1971 por el JIPM (Japan Institute of Productive Maintenance) y desde entonces ha permitido a las organizaciones mejorar sus procesos, optimizar sus recursos y transformar sus entornos. Estas acciones tienen un impacto notable en su clima laboral, ya que involucra a todos los colaboradores, desde la alta dirección. Se utilizan un liderazgo participativo y formativo, disciplina, perseverancia, planeación, trabajo en equipo y un alto nivel de reconocimiento a los colaboradores, para lograr que todo el equipo se vea involucrado en una cultura de mejora continua.

Organizaciones en todo el mundo, sin ser México la excepción, han abierto oficinas, impulsando la metodología de manera regional. Un ejemplo es Productivity Inc. en Latinoamérica y TPM Institute Inc. en Estados Unidos, fundado por el Ingeniero Edward H. Hartmann en 1990 quien fue el primero en adaptar, introducir e instalar con éxito el TPM en plantas no japonesas en E.U.A., Europa, Sudamérica y el Sudeste Asiático.

La presencia de TPM en México ha ido cobrando terreno en los últimos años, a partir del interés por grandes compañías en ser más eficientes y alcanzar objetivos y mercados internacionales. Otras, la mayoría, son empresas ubicadas en México, fundadas con capital extranjero.

En la siguiente gráfica podemos analizar las dos últimas olas de premios otorgados por el JIPM en sus diversas categorías a empresas fuera de Japón, 90 en el 2016 y 78 en el 2018.

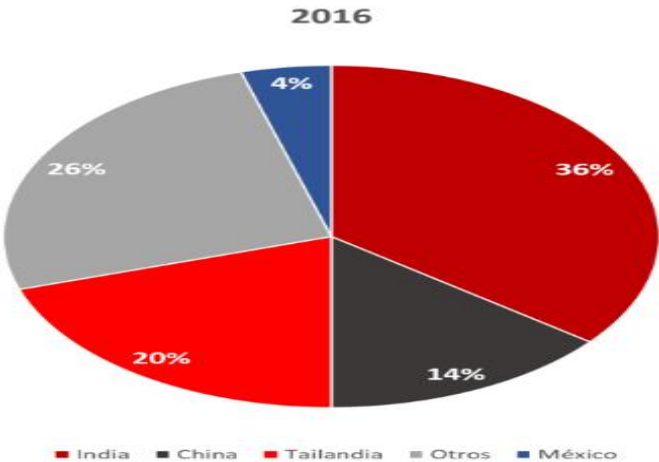


Figura 3. Premios otorgados por el JIPM en TPM fuera de Japón

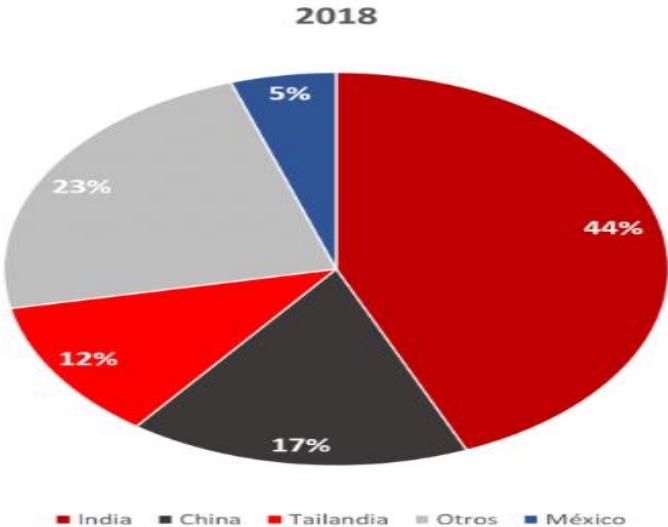


Figura 4. Premios otorgados por el JIPM en TPM fuera de Japón

Podemos identificar la participación de México con un 4 y 5 % en cada año respectivamente con empresas ubicadas en México con capital extranjero. Se observa que, aunque TPM ha demostrado ser una metodología poderosa, es una metodología cuya inversión puede ser vista como costosa y de implementación de un largo plazo por lo que muchas compañías mexicanas no están dispuestas a asumir. China e India están ganando terreno en este campo, y no es casualidad que la tendencia es que ambos países se convertirán en superpotencias.

Caso 4

Situación Prevaliente Una de las principales líneas de producción de una empresa dedicada a la fabricación de plásticos, representaba un constante reto para poder cumplir con las entregas de pedidos a tiempo a sus clientes, como consecuencia de una serie de imprevistos en la operación.

La gente llegaba todos los días con la total incertidumbre de los resultados que podrían lograr en su jornada de trabajo. El equipo ya tenía bastantes años en operación y en opinión del Gerente de la Planta, sería necesario reemplazar el equipo por uno nuevo para poder garantizar los resultados.

El grave problema era que, para reemplazar el equipo, se requería una inversión cercana a los \$850,000 dólares y la situación financiera de la empresa no era de lo mejor en ese momento, de manera que decidieron buscar alguna otra opción.

El Director de Operaciones tenía poco tiempo en sus funciones y venía de la industria automotriz, de manera que estaba familiarizado con los conceptos de “Lean Manufacturing” y sugirió al equipo de la planta, la posibilidad de aplicar alguna técnica de mejora. Se asignó un grupo de trabajo para que preparara un “Mapa de la Cadena de Valor” (Value Stream Map) para hacer un diagnóstico y determinar los principales problemas y las mejoras requeridas.

La Implementación de TPM

La situación era realmente complicada y se pensaba que no había los suficientes recursos disponibles para llevar a cabo el proyecto de TPM. Se hizo un esfuerzo especial y un grupo de 25 personas de la planta fueron capacitadas en TPM. Una vez concluido el evento de capacitación, se integró un equipo de TPM formado por cinco personas.

Su primer proyecto fue el de hacer una medición del ETE (OEE) de acuerdo a como se establece en los criterios de TPM. Lo que encontraron fue sorprendente: Los indicadores de desempeño que generaba la planta, decían que la línea estaba operando en niveles promedio del 92%, en los últimos seis meses, pero el equipo de trabajo descubrió que su ETE era tan solo del 49%.

El restante 43% estaba perdido en una serie de paros menores, trabajo en vacío, fallas tanto de operación como de mantenimiento, ajustes y cambios de producto no registrados, además de pérdidas de velocidad con respecto a la capacidad de diseño del equipo. A partir de ahí, involucraron a los operadores de la línea en el cálculo del ETE y el registro de la información sobre los problemas que se presentaban y sus posibles causas.

Uno de los miembros del equipo de trabajo era responsable del análisis diario de la información y de coordinar todo el apoyo que requirieran los operadores y técnicos de mantenimiento. Se encontró que cada quien hacía su trabajo como mejor le parecía.

No había procedimientos estandarizados y al cabo de un par de semanas, se determinó que era necesario aplicar la técnica de SMED (Single Minute of Exchange of Die) para reducir los tiempos de ajustes y cambios de producto, que eran el principal concepto de tiempo muerto. Con esta información, se generó el segundo proyecto, para llevar a cabo un Evento Kaizen de SMED.

Dos semanas después, se llevó a cabo el evento Kaizen de SMED y se logró una reducción de más del 60% en el tiempo de cambio de producto. Con lo aprendido y las mejoras realizadas al método de trabajo, se desarrolló un plan para extender las mejoras

a todos los demás cambios y ajustes de la línea. El proyecto se concluyó en un lapso de 3 meses y los tiempos muertos por cambio de producto pasaron del primer lugar al noveno.

El tercer proyecto de mejora estaba relacionado con otra importante causa de pérdida: Velocidad de producción. El mal estado de la máquina y de los moldes, hacían que los ciclos fueran más largos y que los moldes no se emplearan a su máxima capacidad. Se estableció un programa enfocado de mantenimiento en aquellos elementos que influían directamente en la cantidad de piezas por hora, que se pudo llevar de menos del 82% que tenía, al 96% de la capacidad nominal en un tiempo aproximado de 4 meses.

El cuarto proyecto que se definió estaba relacionado con dar el mantenimiento correcto a los equipos críticos identificados a partir de la información diaria que generaban los operadores.

Se estableció un programa enfocado de mantenimiento preventivo en los equipos, siguiendo un orden de prioridad, de acuerdo a su impacto en los tiempos muertos. A la fecha ha transcurrido más de un año y se ha cubierto un poco menos del 20% de los equipos totales de la línea, pero la tarea continuará hasta abarcarlos en su totalidad.

Los Resultados de TPM

Como resultado de todo lo realizado, la productividad de la línea se ha incrementado en más de un 36%. El ETE se encuentra actualmente en niveles del 67% y con tendencia a seguir mejorando. Antes, la línea trabajaba 6 días a la semana, con gran cantidad de tiempo extra y en ocasiones hasta los domingos, para poder cumplir con los compromisos de producción.

Ahora la línea requiere menos de cinco días a la semana, ya no hay que trabajar tiempo extra y los sábados se emplean para dar el mantenimiento preventivo que requiere el equipo. Las emergencias prácticamente se han eliminado y gracias al mantenimiento autónomo que realizan los operadores con el apoyo de mantenimiento, se han detectado

infinidad de anomalías que se han corregido antes de que se conviertan en fallas que afectan a la productividad.

Los tiempos de cambio de producto se han reducido y eso ha mejorado el nivel de servicio a los clientes al tener entregas más rápidas y a tiempo. Como efecto colateral y sin buscarlo, la calidad se ha mejorado y el nivel de “scrap” se ha reducido.

La motivación del personal se ha mejorado y los conflictos inter departamentales se han reducido considerablemente. La alta administración se encuentra muy complacida con los resultados, los clientes están más satisfechos y se ha evitado una erogación cercana a los \$850,000 dólares por no tener que haber invertido en comprar nuevo equipo para cumplir con la producción requerida.

La inversión realizada en capacitación y consultorías para apoyar el programa fue del orden del 10% de la que se requería para reemplazar el equipo.

El Gerente de la Planta se encuentra muy satisfecho con el trabajo desarrollado y reconoce que hay una gran diferencia entre trabajar bajo presión, apagando fuegos, con paros imprevistos y trabajar con un sistema a base de paros planeados en su gran mayoría, sin que afecten su productividad, aunque reconoce que aún falta mucho camino por recorrer.

Caso 5

El mercado competitivo de los últimos años impone la necesidad de una mayor calidad y es uno de los factores clave en las compañías para expandirse a nuevos mercados (Ahmad et al., 2012); Forsa entendió dicha necesidad enfocándose en llegar a competir a Brasil, Uruguay y Europa, por lo cual se acogió la metodología dando paso al proceso de cambio.

En el transcurso de la implementación de la estrategia se realiza el ejercicio de benchmarking usado para la optimización del TPM (Gupta & Tewari, 2006; Thomas et al., 2006) donde se visitan y se adoptan modelos de otras compañías. Por ejemplo, en la conformación de los grupos Kaizen se tomó como base el modelo visto en la planta de

la empresa Riduco S.A en la ciudad de Manizales, con quienes tienen relaciones comerciales. La orientación al Kaizen considera una mejora continua con el fin de incrementar el rendimiento de la compañía y contribuir al desarrollo del personal (Marín-García & Martínez, 2013).

Para el entrenamiento del personal se genera un cronograma para que personas de los diferentes procesos reciban la información acerca de ciertas herramientas previamente seleccionadas por la compañía. Se trabaja entonces con estas personas realizando cambios en la planta, implementando indicadores para realizar la medición de las herramientas realizadas y generando llamados a la mejora mediante el análisis y los planes de acción, despertando así en el personal, el interés por realizar mejoras en sus procesos.

En la medida que se avanza en el entrenamiento, se concientiza al personal acerca de la estrategia, siempre resaltando los aportes del personal y enfocados a tener en cuenta al operario, debido a que es él quien tiene el conocimiento de la máquina y el proceso, además, es la persona que conoce las necesidades y los requerimientos para su labor.

Con estas prácticas se llega al empoderamiento de la fuerza laboral dando como resultado un desarrollo en las habilidades técnicas del personal y buenos hábitos operacionales en la maquinaria (Chan et al., 2005). Asimismo se afianzó en el personal la conciencia de que el cambio pretende mejorar los tiempos de trabajo, la limpieza, el orden y la optimización de los recursos, que conllevan a la eliminación de los accidentes, beneficios propuestos por (Ireland & Dale, 2001).

Evidenciando el cambio en el personal y en los procesos, la empresa en cabeza de la alta dirección, mostrando involucración y compromiso (Marín-García & Martínez, 2013) destina nuevos recursos para continuar con la implementación de la estrategia. Asimismo la motivación del personal empieza a ser cada vez más evidente, debido a que el aprendizaje que demuestran se contribuye a la mejora de la calidad de vida, implementando las mismas prácticas en sus hogares.

Los trabajadores destacados durante el proceso de capacitación fueron seleccionados para conformar el grupo de facilitadores; su labor incluía garantizar que los procesos de mejora se mantuvieran y apoyar a los líderes de proceso. Nuevamente el ciclo de capacitaciones se realizó incluyendo visitas a la planta de Riduco en Manizales; donde los facilitadores afianzaron sus conocimientos y al retomo a la empresa recibieron cambio de funciones y se les fue asignada una oficina para desempeñar sus actividades.

El establecimiento de una oficina o un grupo para la estrategia es muy importante porque se garantiza la creación de un plan estructurado, la promoción adecuada del modelo escogido, el apoyo por parte de la compañía hacia la estrategia y el desarrollo del plan de entrenamiento al personal (Chan et al., 2005).

Para realizar el seguimiento a la implementación de la estrategia se establecieron indicadores, enfocados a la transformación del ambiente en la planta, a la reducción de tiempos en los procesos, a la disminución y control de desperdicios y a la generación de un espacio adecuado de trabajo, brindando seguridad y bienestar.

Transición

En un principio los resultados son pocos y debido al choque cultura la resistencia al cambio es significativa; un factor difícil de alcanzar para la implementación del TPM es el cambio de mentalidad dejando de lado las prácticas tradicionales de mantenimiento (Gupta & Tewari, 2006).

Sin embargo, el liderazgo tomado por el vicepresidente de operaciones y el apoyo de los facilitadores, permiten que esta situación se vea mejorada con el tiempo. Los trabajadores empezaron a comprobar que las mejoras contribuyen a una jornada laboral más amena y su trabajo e ideas son importantes y consideradas por parte de la compañía.

La motivación se da a partir de las mejoras que han aportado cada uno de los empleados, existe un premio llamado “Ideas Geniales”, en donde cada cuatro meses un grupo interdisciplinario estudia las mejoras implementadas y las tres mejores son premiadas;

se da a conocer al grupo los beneficios de su implementación, la contribución de esta mejora al empleado y al proceso.

Para las mejoras que el grupo considera no deben ser implementadas, se realiza una retroalimentación al empleado, explicándole por qué su idea no puede ser ejecutada en el momento; de acuerdo a (Marin-garcia et al., 2011) aprender de los resultados de otros y compartir los conocimientos adquiridos contribuyen al modelo de innovación continua al interior de la organización.

La capacitación en la compañía está en cabeza del vicepresidente de operaciones y de los líderes del proceso. Algunos grupos de trabajo se capacitan externamente y así pueden entrenar a sus compañeros. De esta manera la compañía pretende que la herramienta sea interiorizada y resaltada por cada uno de los empleados como una contribución y apoyo a su trabajo.

Cuando una persona ingresa nueva a la compañía recibe una inducción conformada por varios aspectos: inducción corporativa, específica en su cargo, entrenamiento en 5S, capacitación en la herramienta administrativa que maneja la empresa. Una vez el nuevo empleado recibe las inducciones se da a conocer la manera como se trabaja en la planta y cómo desde su puesto de trabajo puede contribuir al desarrollo de la estrategia.

No realizar el entrenamiento en la estrategia al nuevo personal de la compañía puede ser una barrera para darle continuidad a la implantación de la metodología (Marín-García & Martínez, 2013)

Consolidación

Forsa S.A. definió que el cambio de cultura, el acompañamiento y la capacitación son los factores fundamentales en el momento de la consolidación de la estrategia; (Gupta & Tewari, 2006) propone que el TPM propende un cambio dramático en la organización, afectado el plan de responsabilidades de los trabajadores, la estructura organizacional, desarrollo de habilidades y el uso de tecnologías de la información.

Al interior de la compañía semanalmente se realiza auditoría de las 5S y seguimiento a los indicadores, estas acciones han permitido tomar medidas a tiempo. Herramientas como los planes de acción facilitan y fortalecen el proceso, mediante estos se permite la generación de recursos para el desarrollo de los procesos y de las herramientas.

La compañía ha decidido implementar la medición de la eficiencia global de la producción en el proceso de soldadura, debido a su importancia y a que reporta la mayor cantidad de desperdicio en la producción.

Asimismo se implementó un dispensador de elementos de seguridad, el cual permite el control y monitorea para que cada operario cuente con los elementos de protección necesarios y en buen estado. Actualmente se prepara al personal para el mantenimiento autónomo - MA, donde las prácticas de mantenimiento se llevan a cabo como un esfuerzo de equipo y cada operario es responsable de los cuidados de la maquinaria a cargo (Chan et al., 2005).

La empresa lleva a cabo un entrenamiento estandarizado, en donde se evidencia quien lo hace, como lo hace y cuando lo hace. Si la persona realiza su mantenimiento autónomo y existe alguna anomalía que no está a su alcance, reporta el hecho a mantenimiento para dar paso al programado.

El apoyo por parte de las directivas ha sido constante, soportando la estrategia por medio del conocimiento, seguimiento y liderazgo en el proceso. Además, la alta dirección ha fomentado el empoderamiento de sus trabajadores pensando que la estrategia de cambio debe ser ejecutada por la totalidad de la compañía como lo indica (Senge, 2000), quien propone que el éxito de los cambios organizacionales se debe a la ejecución de las estrategias por parte de la totalidad de empleados, directivos y socios.

Resultados obtenidos

El resultado más evidente ha sido la satisfacción del personal, el ambiente laboral es cálido, el factor primordial es la seguridad y la planta permanece limpia; de acuerdo a (Gupta & Tewari, 2006) los resultados de la implementación del TPM incluyen el

mejoramiento del ambiente laboral, espacios de trabajo limpios y ordenados y cumplimiento de metas con trabajo en equipo.

Al ser tenido en cuenta, el trabajador aporta y reconoce que la metodología contribuye a su desarrollo laboral, personal y familiar, y es un aporte al crecimiento de las personas. Los facilitadores tienen como labor el seguimiento para mantener las herramientas y encontrar la mejora de los procesos.

Son ellos los encargados de recibir y llevar a cabo todas las actividades de mejoras en la planta, además de realizar el seguimiento a las herramientas para su conservación y que así evolucionen en el tiempo.

A nivel de desperdicios, al inicio del año 2014 se tenía un 10% de desperdicio de aluminio, a noviembre de 2014 el desperdicio disminuyó al 7%, y la tendencia sigue a la baja; este material es ahora utilizado para labores en la planta, para repuestos y piezas en los procesos. Se capacitó a las personas en SMED, contribuyendo así a la disminución en los tiempos de los procesos de metalmecánica; por ejemplo, el proceso de troquelado tardaba 25 min 18 s, el análisis del proceso mediante videos ha permitido mejoras y estandarización donde se ha llegado a un proceso que toma 7 min 46 s, logrando acondicionamiento en el puesto de trabajo, eficiencia y seguridad en la planta.

Esta práctica está siendo replicada en el resto de las máquinas. Se realizaron estudios de contaminación por el humo de la soldadura, como resultado se implementaron ductos para la extracción, mamparas para proteger a los demás trabajadores y mesas adecuadas de trabajo.

De igual manera en la zona de pintura se han implementado ductos para la extracción de olores, contribuyendo al medio ambiente y a la seguridad del personal. Se realiza separación y control de residuos, de enero a noviembre de 2014 se vendieron \$ 5.200.000 pesos en residuos. Además se tiene un control y se cuantifican los residuos peligrosos que son generados en la producción.

Características

Como hemos visto, el mantenimiento productivo total consiste en la implementación de todos los operarios en el mantenimiento. Pero no consiste solo en eso, sino que tiene otras series de objetivos significativos:

- Busca obtener el rendimiento más alto posible. Este se busca tanto en los equipos individuales, como el propio sistema.
- Busca obtener una mayor vida útil tanto en los equipos como en la instalación.
- Quiere obtener la implicación activa de todos los departamentos (ingeniería, producción, mantenimiento...).
- Promueve la mejora continua de los equipos con la finalidad de poseer una mayor rentabilidad.
- Debido al conocimiento del operario sobre la máquina, evita fallos y averías, así como una mala producción.
- Posee una mayor seguridad para el operario y para los equipos.

Filosofía del TPM



Figura 5. Diagrama de filosofía del TPM.

La filosofía del TPM implica una serie de puntos importantes como son:

- a) Cambiar el pensamiento que tenemos sobre equipos o instalaciones: Las pérdidas de producción hace que se pierda eficiencia. Este es un punto que podemos evitar mediante el control de las fallas, averías, mal funcionamiento, paradas...

- b) Establecer una filosofía de prevención de averías. Para ello implica:
 - Conservar el estado específico del equipo o instalación.
 - Detección anticipada de problemas.
 - Tomar medidas apropiadas para evitar el deterioro.
 - Aumentar la calidad de la operación.
 - Controlar las causas de estas a fin de gestionarlas.

Ventajas de implementar TPM

El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, no conformidades, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. Actividades en las que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta las siguientes ventajas:

- Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.
- Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.
- Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.
- Aprovechamiento del capital humano.
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.
- Reducción de costos operativos.

Vale la pena considerar que los equipos son susceptibles a un desgaste natural, y a un desgaste forzoso. Las actividades del TPM se enfocan en eliminar los factores de desgaste forzoso, aumentando el cuidado sobre el equipo y las instalaciones.

Pilares TPM

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se fundamenta sobre seis pilares:

1. Mejoras enfocadas.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento planificado.
4. Mantenimiento de calidad.
5. Educación y entrenamiento.
6. Seguridad y medio ambiente.

Hoy en día suele considerarse la Excelencia Administrativa y la Gestión Temprana como pilares TPM.

PILAR 1: Mejora enfocada o Método Kaizen.

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo con el objetivo de maximizar la efectividad de los equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar ostensiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

El sistema TPM habla de 6 tipos de pérdidas a eliminar de nuestros procesos productivos:

- a) Fallos en los equipos principales.
- b) Cambios y ajustes no programados.
- c) Ocio y paradas menores.

- d) Reducción de velocidad.
- e) Defectos en el proceso.
- f) Pérdidas de arranque.

PILAR 2: Mantenimiento autónomo o Jisho Hozen.

Una de las actividades del sistema TPM, y la más importante, es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc.

Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

El mantenimiento autónomo tiene a prevenir fallas mediante la implantación de un sistema básico que consta de:

- a) Limpieza.
- b) Eliminación de fuentes de suciedad y contaminación.
- c) Elaboración de normas de Mantenimiento Autónomo.
- d) Aplicar técnicas de inspección general.
- e) Aplicar técnicas de autoinspección.
- f) Estandarización de procedimientos.
- g) Control de objetivos

PILAR 3: Mantenimiento programado.

Mantenimiento planeado consiste en lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente a fin de evitar paradas innecesarias.

Para conseguirlo, se establecen unas medidas como son:

- a) Establecer contramedidas diarias.
- b) Confirmar planes y acciones de mantenimiento programado.
- c) Mejorar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- d) Control de repuestos y stocks.
- e) Perfeccionar el análisis, capacidad de diagnóstico y prevención de averías.
- f) Confirmar planes de lubricación.

PILAR 4: Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen.

El TPM tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad controlando las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen impacto directo en la calidad del producto.

Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo, pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final.

Para conseguir este pilar, se pueden realizar las siguientes medidas:

- a) Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- b) Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- c) Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- d) Identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en la calidad del producto final y realizar el control de estos elementos de la máquina.

PILAR 5: Prevención del Mantenimiento.

Este pilar se centra en las actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías.

Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

PILAR 6: Mantenimiento de áreas soporte.

Su objetivo es lograr que las mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no solo sean actividades en la planta de producción. Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte.

En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados:

T.- Total Participación de sus miembros.

P.- Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas).

M.- Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos.

PILAR 7: Polivalencia y desarrollo de actividades.

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo con las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo.

El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- a) Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- b) Comprender el funcionamiento de los equipos.
- c) Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- d) Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- e) Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- f) Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

PILAR 8: Seguridad y entorno.

Se busca lograr el objetivo de “cero accidentes” y “cero contaminaciones”. Para se crean ambientes seguros, higiénicos y medio ambientales buenos, aparte de ser motivadores. La contaminación en el ambiente de trabajo puede llegar a producir un mal funcionamiento de una máquina y muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo.

Las acciones que realizar para llegar a conseguir este pilar son:

- a) Establecer medidas de seguridad del equipo / instalación.
- b) Lograr condiciones laborales más seguras.
- c) Mejorar el medio ambiente laboral (ruidos, vibraciones, suciedad, etc.).
- d) Evitar la contaminación ambiental.
- e) Cuidar la salud de los trabajadores.
- f) Promover acciones de limpieza e higiene.

Pérdidas

La TPM debe afrontar pérdidas que obstaculizan la optimización total de los equipos. Estas

pérdidas o fallas ocasionan o multiplican la posibilidad de detenciones del equipo. La definición de falla es mucho más amplia que la parada de un equipo e incluye su funcionamiento defectuoso y/o fallando.

Esto quiere decir que el TPM quiere aumentar la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividad:

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos estabilizando y mejorando la calidad.

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida a ese nivel. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requerimiento importante para el éxito del TPM.

La efectividad del equipo se limita por los seis tipos de pérdidas siguientes:

1. Pérdidas por averías

Las averías son el grupo de pérdidas más grande. Hay dos tipos: averías de pérdida de función y averías de reducción de función.

- Averías de pérdida de función: suelen producirse de repente y son fáciles de detectar. El equipo se detiene por completo.
- Averías de función reducida permiten que el equipo siga funcionando, pero a un nivel de eficacia inferior. Muchas veces se descubren las averías de función reducida sólo después de una exhaustiva observación, pero cuando no se detectan pueden causar momentos de inactividad y paradas pequeñas, repeticiones de trabajos, velocidad reducida y otros problemas y pueden llegar a ser la causa de averías de falla de función esporádicas.

En general, las averías pueden causarse por todo tipo de factores, pero solemos darnos cuenta únicamente de los grandes defectos, ya que son los más llamados a nuestra atención, y pasamos por alto la multitud de defectos pequeños, aunque merecen igual atención porque se acumulan y también causan averías. Muchas se producen simplemente por no hacer caso a detalles que parecen insignificantes tales como un tornillo suelto, abrasión, suciedad y contaminantes, y los efectos de estas pequeñas cosas se acumulan hasta afectar a la eficacia del equipo.

Para alcanzar la meta de cero averías hay que llevar a cabo las siguientes siete acciones:

- **Impedir el deterioro acelerado:**

El deterioro acelerado es simplemente un deterioro generado artificialmente. Cuando el deterioro acelerado se deja sin corregir se acorta la vida del equipo y ocurren averías. De hecho, la mayoría de las averías se deben al deterioro acelerado.

- **Mantenimiento de condiciones básicas del equipo:**

Realizar actividades básicas -limpieza, orden, lubricación, inspección y ajuste- para mantener las condiciones básicas del equipo. Si éstas no se realizan normalmente, el equipo sufrirá muchas averías.

- **Adherirse a las condiciones correctas de operación**

Muchas averías son el resultado de un equipo que tiene que operar más allá de su rango normal porque no se cumplen las condiciones normales. Operar un equipo bajo

condiciones que sobrepasan los límites especificados en el manual de operaciones exponer el equipo a averías. Por esta razón es tan importante el mantenimiento de las condiciones correctas de operación.

- **Mejorar la calidad del mantenimiento**

A veces ocurren averías en piezas recientemente reemplazadas o reparadas debido a que el trabajador de mantenimiento no conocía las técnicas necesarias para llevar a cabo correctamente la reparación o instalación. Para impedir que ocurran estos errores, hay que mejorar los niveles de conocimiento técnico a través de la formación y de esta manera mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

- **Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria**

El trabajo de reparación normalmente se realiza con la necesidad de poner el equipo en marcha con la mayor rapidez posible sin dar demasiada importancia a conocer las causas de la avería. Esta actitud da lugar a una repetición del mismo problema. Lo que hace falta aquí es una actitud que busque la raíz del problema lo cual, hay que admitirlo, no siempre se puede encontrar.

- **Corregir debilidades de diseño:**

Una razón por la cual las averías se manifiesten es que no se lleva a cabo una investigación suficiente de las debilidades incorporadas en el diseño del equipo (mecanismos mal diseñados, malas configuraciones de sistemas, selección incorrecta de materiales). Con demasiada frecuencia, no hay ninguna investigación que trate los defectos de diseño, o si la hay no se profundiza lo suficiente como para descubrir las implicaciones totales.

- **Aprender lo máximo posible de cada avería**

Una vez que haya ocurrido una avería, aprender todo lo que pueda sobre ella. Esto servirá para saber cómo impedir que la avería vuelva a ocurrir no sólo en el equipo afectado, sino también en modelos parecidos.

A menudo los informes de una avería se archivan y quedan olvidados cuando podrían servir como referencia en el futuro. Hay que aprender a aprovechar material de referencia de este tipo porque puede enseñar a trabajadores de mantenimiento y operarios lo que ellos pueden hacer para impedir las averías.

2. Pérdidas por preparación y ajuste

Las pérdidas por preparación y ajustes son pérdidas que se deben a paradas que ocurren durante el proceso de Re utilaje tales como cambio de útiles, etc.

Las pérdidas por preparación y ajuste comienzan cuando la fabricación de un producto se ha concluido, y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Los ajustes son los que consumen la mayor parte del tiempo.

3. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas

A diferencia de las averías ordinarias, la inactividad y paradas pequeñas son el resultado de problemas transitorios en el equipo, pero tienen tanta o mayor incidencia que ellas en la eficacia del equipo.

Los tiempos muertos y paradas pequeñas hay considerarlos como pérdidas.

4. Pérdidas por reducción de velocidad

Las pérdidas por reducción de velocidad se producen cuando hay una diferencia entre la velocidad prevista en el diseño de la máquina y su velocidad de operación actual. Las pérdidas por reducción de velocidad se ignoran, aunque constituyen un gran obstáculo para la eficacia del equipo.

La meta debe ser eliminar el desfase entre la velocidad de diseño y la actual.

El equipo puede estar operando por debajo de la velocidad ideal o de diseño, entre otras opciones, por una variedad de razones:

- Problemas mecánicos y calidad defectuosa.
- Una historia de problemas anteriores.
- Temor de sobrecargar el equipo.
- No conocer la velocidad óptima.

Aumentar deliberadamente la velocidad de operación contribuye a la resolución de problemas revelando fallos latentes en la condición del equipo.

5. Defectos de calidad y repetición de trabajos

Los defectos de calidad y trabajos rehechos son pérdidas originadas por disfunciones de las máquinas. Los defectos esporádicos se corrigen devolviendo el equipo a su condición normal. Estos defectos incluyen los aumentos súbitos en la cantidad de defectos u otros fenómenos dramáticos.

Las causas de los defectos crónicos son de identificación difícil. Las reparaciones rápidas para volver a poner la máquina en funcionamiento raramente resuelven el problema, y las condiciones que realmente causan los defectos pueden ignorarse o dejarse de lado. Deben también registrarse como pérdidas crónicas, y no ignorarse, los defectos que se pueden corregir a través de rectificaciones y trabajos rehechos.

La eliminación de los defectos crónicos, como las averías crónicas, exige una profunda investigación y medidas innovadoras.

La meta principal es siempre la eliminación total de los defectos. Ya que hay distintos tipos de defectos -esporádicos y crónicos- alcanzar la meta de cero defectos se vuelve cada vez más difícil. Llegar a ella, requiere la consideración de medidas basadas en una comprensión amplia de todos los defectos.

6. Pérdidas de puesta en marcha

Las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son las que ocurren debido al rendimiento reducido entre el momento de arranque de máquina y la producción estable. Muchas veces, las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable son difíciles de identificar y su alcance varía según la estabilidad de las condiciones del proceso, la disponibilidad de plantillas y troqueles, la formación de los trabajadores, las pérdidas debidas a operaciones de prueba y otros factores.



Figura 6. Esquema de las pérdidas consideradas en el TPM.

Esta clasificación sobre las pérdidas, surgió a partir de que los proveedores de autopartes de Toyota se dieron cuenta que la única forma de responder al proceso de fabricación “justo a tiempo” implementado en la empresa, era disminuir y/o erradicar las pérdidas por fallas y/o averías a través del TPM.

Para llegar a subsanar estas fallas, podemos expresar de manera simple una serie de medida básicas para eliminarlas como son:

- 1.- Satisfacer las condiciones básicas del equipo (limpieza, engrase, ajustar partes sueltas).
- 2.- Respetar las condiciones de utilización especificadas en el manual de operación.
- 3.- Remediar todas las causas de degradación del equipo tomando medidas a tiempo para evitarlo.
- 4.- Remediar o mejorar las deficiencias de concepción y/o diseño.
- 5.- Mejorar las funciones operativas/de mantenimiento, buscando prevenir errores humanos.

¿Cómo implantar un TPM?

Para la implantación del TPM habría que adaptar las tareas de mantenimiento, ya que, como hemos dicho antes, el operario es el encargado del mantenimiento o intervención, porque es el que mejor conoce la máquina.

Para ello, y debido a que el operario en muchas ocasiones no puede realizar ciertas tareas (automatismos, circuitos electrónicos...), realizara los mantenimientos de primer nivel sin mayor problema hasta la llegada del operario de mantenimiento.

Pero estas no son las principales medidas para la implantación del TPM, sino que esta es la de que toda la empresa esté implicada en ello, desde el más alto nivel (directivo), hasta el más bajo y último de estos (operario).

Para ello, cada nivel tiene unas series de responsabilidades como son:

Directivos:

- Establecer objetivos y directrices del TPM.
- Elaborar un plan de desarrollo de actividades.
- Elaborar un diagnóstico.
- Realizar el seguimiento y control de las acciones.

Áreas y/o departamentos:

- Establecer directrices y objetivos por área.
- Analizar resultados.
- Cumplir objetivos para optimizar la rentabilidad.
- Solucionar problemas a nivel de área.

Líderes de grupos:

- Desarrollar temas y objetivos.
- Cumplimentar plan de acción.

¿Cuándo debe implementarse el TPM?

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) debe utilizarse cuando los requerimientos de la organización sean los de tener plantas, equipos e instalaciones de todo tipo, confiables, continuas y seguras.

En general, las bondades del TPM son tantas que sus herramientas son recomendadas para cualquier organización, y su metodología completa se recomienda para organizaciones que cuenten con un alto compromiso directivo, con disposición de afectar positivamente la cultura organizacional.

Mantenimiento

Es una herramienta fundamental para el buen funcionamiento de cualquier empresa de ámbito industrial ya que repercute directamente en su proceso productivo. Se trata de un aspecto muy importante a tener en cuenta en el desarrollo de cualquier proceso de producción sea cual sea el sector de actividad al que se dedique la empresa.

El mantenimiento se puede definir como el conjunto de actividades necesarias para lograr un óptimo funcionamiento tanto de instalaciones, maquinaria y equipos como de los distintos espacios de trabajo que componen esas instalaciones industriales. También incluiría los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento correcto y el buen estado de conservación del sistema productivo.

El objetivo final de un buen mantenimiento es garantizar la producción en cualquier proceso industrial, su calidad y mantener un correcto funcionamiento de los equipos alargando su vida útil.

Mantenimiento programado

También llamado mantenimiento planificado, consiste en la revisión de los puntos más débiles de la maquinaria en días definidos dentro en el calendario. De esta manera se logra tener una imagen del estado de la máquina cada cierto tiempo, lo que permite realizar las reparaciones antes de que la maquinaria sufra fallas graves.

Recuerda que para que sea efectivo, este tipo de mantenimiento debe llevarse a cabo siguiendo fielmente los tiempos establecidos.

El mantenimiento programado incluye ciertas tareas que se realizan siguiendo un programa establecido, según el tiempo de trabajo, la cantidad producida, los kilómetros del equipo, de acuerdo con una periodicidad fija o siguiendo algún otro tipo de ciclo que

se repite de forma periódica. Este grupo de tareas se realiza sin importar cuál es la condición del equipo.

Entre las tareas que suele incluir el mantenimiento programado están las siguientes:

- Limpiezas técnicas de equipos
- Sustitución de elementos sometidos a desgaste, como rodets, rodamientos, cojinetes, elementos de estanqueidad, álabes, camisas, culatas, etc.
- Comprobación del estado interior de determinados elementos, cuya verificación no puede realizarse con el equipo en servicio y para el que se requiere un desmontaje complejo.
- Comprobación del buen funcionamiento de la instrumentación, y calibración de esta
- Verificación de prestaciones

El mantenimiento sistemático puede aplicarse a un equipo concreto o a una instalación en su conjunto.

Este tipo de mantenimiento programado se sustituye en algunas ocasiones por mantenimientos por condición: se verifica el equipo y sólo se interviene en él si hay síntomas de fallo que lo justifiquen.

El mantenimiento programado se refiere a las tareas de mantenimiento que se asignan a un técnico con una fecha límite determinada. Incluye inspecciones, servicio, ajustes y paradas planificadas. Las tareas se pueden realizar como trabajos puntuales o en intervalos regulares.

Descripción general

El mantenimiento programado tiene como objetivo minimizar las fallas del equipo, los retrasos en el mantenimiento y el mantenimiento reactivo. También permite una mejor asignación de recursos. Por ejemplo, cambiar el rodamiento de una cinta transportadora cada 30 días para evitar que se rompa es un ejemplo de mantenimiento programado. Otro ejemplo es programar la reparación de un motor después de notar un problema.

¿Cuál es la diferencia entre mantenimiento programado y mantenimiento preventivo?

El mantenimiento programado a menudo se confunde con el mantenimiento preventivo o planificado. Sin embargo, existen al menos dos diferencias:

El **mantenimiento planificado** implica anticipar las necesidades de los equipos e implementar sistemas estratégicos para completar las acciones de mantenimiento futuras. Este proceso incluye identificar una tarea, organizar materiales y flujos de trabajo, priorizar órdenes de trabajo e implementar procedimientos para analizar la efectividad continua de las tareas completadas. El mantenimiento planificado incluye mantenimiento basado en correcciones (CBM), predictivo y preventivo.

El **mantenimiento programado** se refiere a decidir cuándo se completarán las tareas de mantenimiento y quién las completará. A diferencia del mantenimiento planificado, el mantenimiento programado no requiere un trabajo complejo ni una previsión del comportamiento del equipo. Una tarea entra en esta categoría cuando se identifica un problema, se asigna a un técnico y se le asigna una fecha límite para su finalización. Puede ser parte de una estrategia de mantenimiento planificada integral o un flujo de trabajo simple por sí solo

¿Qué importancia tiene el mantenimiento programado?

Aunque el mantenimiento programado es una forma simplista de mantenimiento preventivo, la práctica sigue siendo valiosa. Garantiza que el equipo seguirá funcionando según lo diseñado para reducir el tiempo de inactividad y mantener el valor máximo. Dependiendo de la condición de los activos y las especificaciones del fabricante, los programas de mantenimiento consistentes pueden agregar años a la vida útil de los activos. Además, las instrucciones mínimas de mantenimiento recomendadas mantienen activas las garantías de los activos.

¿Qué es el mantenimiento programado de fábrica?

El mantenimiento programado de fábrica es una forma de mantenimiento basado en el tiempo con un enfoque en verificar si hay signos de problemas, mientras se realizan procedimientos de mantenimiento para mejorar el rendimiento. También conocido como mantenimiento 30/60 / 90K en el mundo automotriz, el término se refiere a los vehículos que se someten a procedimientos del manual del propietario cada 50.000 kilómetros. Sin embargo, todos los tipos de maquinaria vienen con programas de mantenimiento intercalados recomendados que garantizan un funcionamiento óptimo.

Muchas empresas evitan el mantenimiento programado de fábrica para ahorrar dinero. Sin embargo, hacerlo resulta costoso a largo plazo. Como se mencionó anteriormente, no seguir los programas de mantenimiento recomendados puede anular las garantías. También puede sufrir averías inesperadas del equipo que provoquen costosos tiempos de inactividad.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

Investigación de los manuales de la maquinaria o antecedentes de fallas.

En estas actividades se recolectó información debido a que esta empresa de extracción de materiales no contaba con los manuales del plan de mantenimiento y hubo la necesidad de recurrir a los antecedentes de fallas para detectar y obtener la información adecuada de cada uno de los equipos para realizar sus respectivos mantenimientos esto través de investigaciones teóricas para contar con un plan de mantenimiento mejor detallado.

Área de Trabajo.

En este apartado se realizó un análisis y se les explicó a los trabajadores de esta área la importancia de tener los equipos en su mejor estado y también para conocer los factores

que afectan el área de trabajo y el operador no tuviera problemas al momento de realizar la actividad que le toca del mantenimiento correspondiente a la maquinaria, además ver la seguridad con la que cuenta y que no esté expuesto a algún accidente y así quitándolo del peligro que se pueda generar. Además, para ver el grado de satisfacción en el que se encuentran los operadores y estos realicen adecuadamente su trabajo y así tener un buen ambiente laboral.

Análisis costos.

Se realizó una tabla donde muestran los precios de arena y grava por camión así también como el total de viajes por día y de esta manera tener una idea de que máquina o camión o refacción se debe entregar con más rapidez debido a las pérdidas que ocasiona tener esa maquinaria fuera de servicio.

Elaboración de hoja de control.

Se realizó una hoja de control donde se lleve el registro de las actividades que se estén realizando a los equipos según lo muestre al plan de actividades esto con la finalidad de tener mejor control y llevar un registro detallado de lo que está sucediendo en los equipos.

Elaboración de actividades de mantenimiento.

Se realizó un diagrama de actividades de mantenimiento las cuales se tienen que realizar según esté indicado y se registrará en las hojas de control ya mencionadas estas actividades se realizarán a lo largo del año para mejorar el rendimiento de las máquinas y aumentar su efectividad y de esta manera eliminar los tiempos muertos del área de maquinados. Algunas actividades de baja complejidad serán realizadas por los mismos trabajadores y las que cuentan implican mayor dificultad serán realizadas por personal calificado.

Hoja de cambio de piezas dañadas

Se creó una hoja donde se llevará el registro de las piezas que ya no cumplan con las especificaciones de seguridad o estén en mal estado esto para tener control y saber que piezas realizar o comprar.

Check list

La creación de tabla de check list es para revisar en qué estado se encuentran los equipos y tener un diagnóstico más acertado después de cada actividad de mantenimiento.

Actividades extras.

En este apartado se realizan actividades que sean propuestas por el jefe de esta área esto con la finalidad de reducir la carga de trabajo y así contar con un buen ambiente laboral menos pesado y por ende menos estrés y mayor comunicación

Se realizan actividades de mantenimiento programadas de acuerdo a su nivel de complejidad y tomando en cuenta la carga de trabajo del personal del área, después de terminar estas actividades se realizan tareas que se requieran en el área de maquinados esto con la finalidad de entregar refacciones lo más pronto posible y de esta manera tener menos máquinas y camiones el menos tiempo posible en paros y evitar pérdidas monetarias.



Figura 7. Mantenimiento de mayor nivel en fresadora.



Figura 8. Revisión de estado de engranajes.



Figura 9. Revisión de caja de automático.

Diagramas de actividades

Se realizó un diagrama de actividades de lo realizado dentro de la empresa a lo largo de los 5 meses de residencias profesionales.

Actividades	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Chequeo y análisis de antecedentes de fallas	x				
Capacitación sobre el manejo y funcionamiento de los aparatos.	x	x	x		

Comienzo de la realización del mantenimiento de menor nivel a mayor nivel.		x	x	x	x
Ayuda con actividades dentro del área asignadas por el jefe de área.		x	x	x	x
Manejo de todas las máquinas que estén dentro de esta área.			x	x	x
Realización de reporte de residencias	x	x	x	x	x

Tabla 1. Diagrama de actividades hechas por el residente.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

La siguiente tabla nos muestra los datos de análisis que se realizó gracias a las bitácoras de errores y fallas que se tienen y estos fueron los resultados obtenidos y utilizados para aplicar un mejor plan de mantenimiento.

Código de equipo	Fallas por mes	Días en paro del equipo
(FIFV-30)	4	2
(F2W2650)	2	1
(TI"14x6)	6	3
(TII"19x12")	2	3

Tabla 2. Tabla de fallas por mes.

Tabla de costos

Se realizó una tabla de los precios y viajes que se realizan dentro de la empresa Sacrosa este análisis nos sirve para saber qué máquinas o refacciones se deben atender primeramente para evitar mayores pérdidas.

Trasporte	Arena	Graba	Viajes por día
Camión	5,200	5,500	20
Góndola	10,100	10,300	15

Tabla 3. Tabla de precios de materia prima y viajes por día.

Análisis de maquinarias más importantes a reparar

Se realizó un análisis de las máquinas o maquinaria que se deben poner por encima de todas al momento de que sufran una descomposición esto con la finalidad de evitar pérdidas grandes por un tiempo de paro excesivo.

- **1- Quebradoras o bandas transportadoras:** es de suma importancia tener como prioridad las refacciones necesarias lo más pronto posible ya que es la que produce el material que se vende dentro de esta empresa y su paro por avería sería demasiado costoso.



Figura 10. Bandas transportadoras de materia prima.

- **2- Cargador frontal:** como segunda opción de importancia es esta máquina ya que se encarga del llenado de todos los camiones y góndolas es por esta razón la importancia de evitar paros excesivos.



Figura 11. Máquina cargador frontal en espera de refacción.

- **3- Camiones y góndolas:** la importancia de tener los camiones y góndolas es prioritaria por la razón de que son los que distribuyen toda la materia prima dentro de Aguascalientes.



Figura 12. Área de carga de camiones y góndolas.

- **4- Maquinaria pesada para rentar:** por último, pero no menos importante están las máquinas para rentar, es importante tenerlas en buen funcionamiento para cuando se llegue el día de rentarlas no se generen pérdidas por no estar listas.



Figura 13. Maquinaria lista para rentar.

Diagramas de actividades de mantenimiento al año

Se redactó un diagrama de actividades donde se tienen las actividades de mantenimiento necesarias arrojadas por el análisis realizado de la bitácora de fallas de estos equipos.

Actividades del Torno 1 obtenidas del análisis de fallas que se aplicarán a lo largo del año.

(TORNO I) CODIGO(TI"14x6")													
Actividades	en.	febr.	mzo.	abr.	my.	jun.	jul.	agt.	sept.	oct.	nov.	dic.	
sopleteado en general													Todos los días después de usarse
Lubricación en bancada													Todos los sábados al cierre del turno laboral
Chequeo de niveles de aceite													Todos los lunes empezando el turno laboral
Estabilidad del chuck													una vez por mes
Funcionamiento correcto de velocidades													una vez por mes
Modo automático fusione correctamente													una vez por mes
Revisión del desgaste de las cuñas de las manivelas													una vez cada 2 meses
Ajuste y limpieza de bandas													una vez por mes
Revisión del desgaste de los engranajes													una vez cada tercer mes
Limpieza al motor													una vez cada 2 meses

Tabla 4. Diagrama de actividades de mantenimiento Torno 1.

Se muestran las actividades a realizar para el Torno número 2 a lo largo del año para mejorar su calidad.

(TORNO II) CODIGO(TII"19x12")													
Actividades	en.	febr.	mzo.	abr.	may.	jun.	jul.	agt.	sept.	oct.	nov.	dic.	
Sopleteado en general													Todos los días después de usarse

Lubricación en bancada													Todos los sábados al cierre del turno laboral
Chequeo de niveles de aceite													Todos los lunes empezando el turno laboral
Estabilidad del chuck													una vez por mes
Funcionamiento correcto de velocidades													una vez por mes
Modo automático funcione correctamente													una vez por mes
Revisión del desgaste de las cuñas de las manivelas													una vez cada 2 meses
Ajuste y limpieza de bandas													una vez por mes
Revisión del desgaste de los engranajes													una vez cada tercer mes
Limpieza al motor													una vez cada 2 meses

Tabla 5. Diagrama de actividades de mantenimiento Torno 2.

Actividades de mantenimiento de la Fresadora 1 arrojados de la bitácora de fallas que será puesto en marcha a lo largo del año.

FRESADORA I CODIGO(FV-30)													
ACTIVIDADES	en.	febr.	mzo.	abr.	my.	jun.	jul.	agt.	sept.	oct.	nov.	dic.	
Sopleteado													Al termino del dia
Lubricación en rieles de ejes (X, Y, Z)													Sabados al termino gornada laboral
Chequeo de niveles de aceite													Lunes al inicio gornada laboral
Funcionamiento correcto de velocidades													Una vez cada 2 meses
Ajustes de palancas de ejes (X, Y, Z)													Una vez cada 15 dias
Chequeo el desgastes de valeros													Una vez cada 2 meses
Modo automático funcionando correctamente													Una vez cada mes
Ajuste de bandas													Una vez cada 3 meses
Limpieza para ambos motores													Una vez cada mes
Revisar las conexiones estén en buen estado													Una vez cada dos mes

Tabla 6. Diagrama de actividades de mantenimiento Fresadora 1.

Actividades diseñadas para la Fresadora 2 que se llevarán a cabo a lo largo del año para evitar paros excesivos.

FRESADORA I CODIGO(F2W2650)													
ACTIVIDADES	en.	febr.	mzo.	abr.	my.	jun.	jul.	agt.	sept.	oct.	nov.	dic.	
Sopleteado													Al termino del dia
Lubricación en rieles de ejes (X, Y, Z)													Sabados al termino gornada laboral
Chequeo de niveles de aceite													Lunes al inicio gornada laboral
Funcionamiento correcto de velocidades													Una vez cada 2 meses
Ajustes de palancas de ejes (X, Y, Z)													Una vez cada 15 dias
Chequeo el desgastes de valeros													Una vez cada 2 meses
Modo automático funcionando correctamente													Una vez cada mes
Ajuste de bandas													Una vez cada 3 meses
Limpieza para ambos motores													Una vez cada mes
Revisar las conexiones estén en buen estado													Una vez cada dos mes

Tabla 7. Diagrama de actividades de mantenimiento Fresadora 2.

Hoja de control

Se llevó a cabo la elaboración de una hoja de control donde se registraron las actividades que se realizarán a los equipos a lo largo del año, estas se colocarán en cada uno de los equipos, tienen como objetivo llevar un control detallado de las actividades que se vayan realizando y así no causar problemas de desorden y tener los equipos en su mejor estado y tenerlos trabajando todo el tiempo posible para la elaboración de refacciones.

Hoja de mantenimiento					
equipo o código:			área de maquinados		
					
día	Operación	tiempo	N. del operador	fecha de inicio	mes
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					

Tabla 8. Hoja de control del mantenimiento.

Check list de los tornos

Se creó una tabla de check list a los equipos de los tornos con la que se conocerá el estado en que se encuentran las piezas, como en los demás equipos, se podrán realizar observaciones, esto se realizará cada dos meses para mayor control.


			
Check list de verificación de tornos			
fecha:	codigo:	hora:	duracion:
actividad	estado		observaciones
	bueno	malo	
Estado de las bandas			
Estado de los engranajes			
Caja de cambios			
Caja de maniobra			
Mordazas del chuck			
Estabilidad del chuck			
Cuñas en general			
Motor			
Porta herramienta			
elaborado por:			

Tabla 9. Hoja de check list de tornos.

Check list de las fresadoras

Se creó una tabla de check list a los equipos de fresadoras para lo cual se sabrá el estado en qué estado se encuentran las piezas como los equipos se podrán realizar observaciones esto se realizará cada dos meses para mayor control.

			
Check list de verificación de fresadoras			
fecha:	codigo:	hora:	duracion:
actividad	estado		observaciones
	bueno	malo	
Botón de encendido y paro emergente			
Estado de las bandas			
Desgaste del husillo			
Volantes x y z			
Manivela del husillo			
Mandos automáticos			
Baleros			
Motores			
Cables y conexiones			
elaborado por:			

Tabla 10. Hoja de check list de fresadoras

Hoja de control de reparación o cambio de pieza

La creación de la siguiente hoja sirve para tener un mayor control a la hora de cambio de piezas en mal estado, así como también en el ahorro de material que se encarga para la realización de piezas o refacciones.


		procedimiento de reparacion o cambio de parte (pieza)	
codigo del equipo:		fecha de realizacion :	
numero:	piezas:	tiempo estimado:	
foto de la pieza		procedimiento	
observaciones:			
Nombre del operador:			

Tabla 11. Hoja de reparación o cambio de piezas.

Antes de aplicarles mantenimiento a los equipos

Claramente se puede ver la suciedad y condiciones en las que se encontraban los tornos y las fresadoras.



Figura 14. Motor antes del mantenimiento.



Figura 15. Bandas antes del mantenimiento.



Figura 16. Fresadora antes del mantenimiento.



Figura 17. Torno sin aplicación del mantenimiento

Después de aplicar el mantenimiento programado

Después de la aplicación del mantenimiento en los equipos se pueden ver las mejoras tanto físicas como en la forma de operar, ya que el manejo es más ligero y preciso.

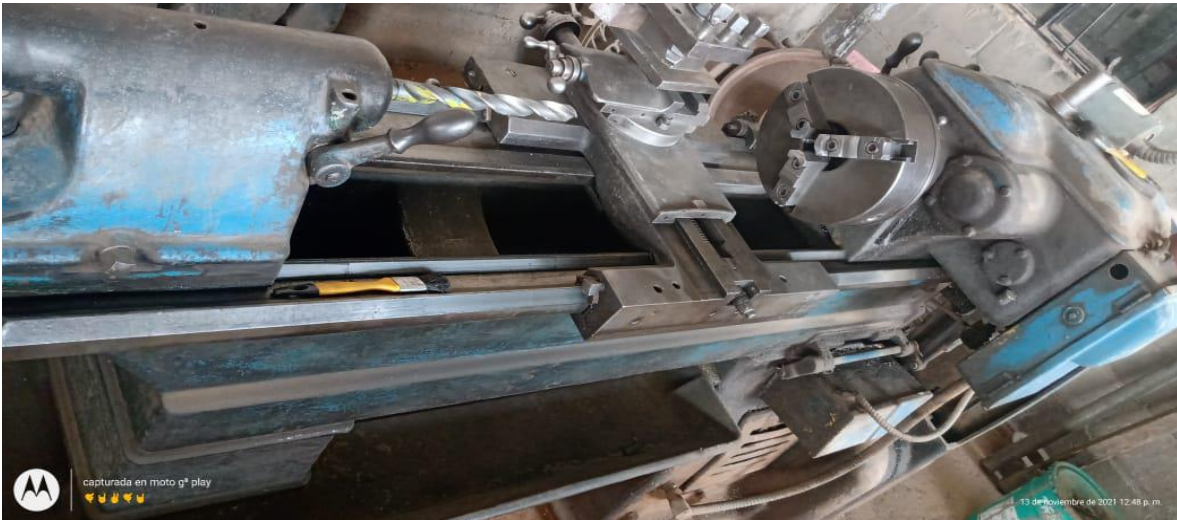


Figura 18. Torno con mantenimiento realizado



Figura 19. Bandas y motor después del mantenimiento.

En las siguientes imágenes se puede observar cómo se le está dando mantenimiento a una de las fresadoras como ajuste de bandas, limpieza de engranes y revisiones de las conexiones y lubricación.



Figura 20. Mantenimiento a fresadora



Figura 21. Mantenimiento a fresadora

En las siguientes ilustraciones se muestra como se realizó el chequeo del automático, así como ajuste de bandas lubricación y chequeo de engranajes.



Figura 22. Desmontaje de caja de automático.



Figura 23. Revisión de caja de automático.



Figura 24. Chequeo de engranajes y lubricación.

Descripción de resultados

Primeramente, el mantenimiento en los equipos tiene un mes aplicándose y no se han tenido paros de ningún tipo gracias a que se están llevando las actividades conforme se establecieron.

Se redujo la carga de trabajo de esta área porque los trabajadores no se preocupan de tener que arreglar los aparatos o llevar el mantenimiento ellos mismos, ya que se capacitó a alguien más para evitar paros por esta razón y ha dado buenos resultados.

Conforme se siga llevando en orden la hoja de control continuarán las mejoras en esta área, ya que se redujeron bastante los paros por averías, hasta el momento va un mes implementándose y no han ocurridos fallas lo cual deja cero perdidas en esta área para la empresa Sacrosa Triturados de Aguascalientes. La producción de refacciones está terminada en el tiempo que las requieren sin pasar el tiempo de entrega gracias al correcto funcionamiento de los equipos.

Código de equipo	Fallas por mes	Días en paro del equipo
(FIFV-30)	0	0
(F2W2650)	0	0
(TI"14x6)	0	0
(TII"19x12")	0	0

Tabla 12. Tabla de fallas por mes después del mantenimiento

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Conclusiones del proyecto

Se elaboró un manual de mantenimiento programado para 4 equipos del área de maquinados lográndose tener los equipos en su máxima eficiencia y teniendo mayor calidad, así como también se logró entregar en tiempo y forma las piezas a producir, gracias a este manual se impactará en los costos de pérdidas por paros excesivos y carga de trabajo.

Con el manual de mantenimiento programado se está logrando que los estándares de calidad del manejo de los aparatos o equipo estén en sus condiciones óptimas y no se han tenido paros de trabajo de ningún motivo, esto cumple los estándares establecidos por la empresa de manera que se entregan las refacciones más exactas en el tiempo pedido y por ende las máquinas están menos tiempo fuera de servicio.

El manual de mantenimiento está planeado para ser ejecutado en tiempo y forma de manera que el sistema elaborado notificará automáticamente el tiempo la fecha en que los equipos deberán someter a mantenimiento programado, por lo que permitirá tener los equipos en sus condiciones óptimas para su funcionamiento.

Con el manual de mantenimiento se logró minimizar o eliminar las pérdidas por tiempos muertos que generaban las fallas de los equipos haciendo que la entrega de refacciones sea en tiempo y forma, eliminando gastos por esta causa.

El mantener los equipos en óptimo estado y disponibilidad ayudará a su buen aprovechamiento, ya que en cualquier momento podrán ser utilizados de manera que los equipos estén seguros tanto como para al operador como para la producción con su respectiva eficacia de funcionamiento.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS.

Competencias desarrolladas y / o aplicadas.

1. Diseñé un sistema administrativo de mantenimiento con base a la necesidad de mantener en buenas condiciones los equipos de la empresa.
2. Apliqué habilidades de ingeniería adquiridas a lo largo de la carrera Ingeniería Industrial en el diseño del sistema de mantenimiento.
3. Apliqué métodos de interpretación de datos para una creación más acertada del programa de mantenimiento para mejorar este problema.
4. Se adaptó eficientemente el recurso de la empresa.
5. Se identificaron los diferentes tipos de mantenimientos para saber cuál sería el indicado y así evaluar y comparar cuál sería el que se adapte a las necesidades de la empresa.
6. Implementé estrategias de ingeniería basadas en la información recopilada vistas en el plan de estudios de la carrera.
7. Apliqué métodos de investigación para desarrollar el modelo de mantenimiento.
8. Apliqué métodos, habilidades y herramientas de mantenimiento para la solución de problemas con un razonamiento estratégico.
9. Desarrollé habilidades de mantenimiento en los equipos y en tareas dentro del área de maquinados.
10. Ejecuté y diagnosticué programa de mantenimiento programado para preservar en condiciones óptimas los equipos mencionados.
11. Conocí la importancia del mantenimiento para establecer tareas que permitan preservar los equipos y estén en su mayor eficiencia.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

Libros

- Montilla Montaña, C., 2016. Fundamentos De Mantenimiento Industrial. 1st ed. Pereira, Colombia: Editorial UTP, p.208
- Daunce Villanueva, E., 2014. La Productividad En El Mantenimiento Industrial. 3rd ed. México: Grupo editorial patria, p.278.

Internet

- Bryan Salazar López. (2019). Mantenimiento Productivo Total (TPM). 2019, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/> Sitio web: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Edgar Fernández Álvarez. (2018). TECNOLOGÍAS MARINAS Y MANTENIMIENTO. 2018, de ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN Sitio web: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=87DBB605C1F6C46A8C5B4549B2430677?sequence=1>
- ALL MACHINES. (2019). MANTENIMIENTO PROGRAMADO ¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE?. 2020, de <https://allmachinessas.com/> Sitio web: <https://allmachinessas.com/mantenimiento-programado-que-es-y-para-que-sirve/>
- IRIM. (2018). Mantenimiento productivo total (TPM). 2021, de <https://www.mantenimientopetroquimica.com/> Sitio web: <https://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.htm>