

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

Alejandro González Uribe

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Asesor:

Ing. Juan Carlos Ruíz Díaz

“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO”

Elaborada por:

Alejandro González Uribe

Aprobado por.....

Ing. Juan Carlos Ruíz Díaz
Docente de la carrera de Ingeniería Industrial
Asesor de Tesis Profesional

Revisado por.....

Ing. Jorge Ávalos Carrillo
Docente de la carrera de Ingeniería Industrial
Revisor de Tesis Profesional

Revisado por.....

Lic. Iraí Martínez Zavala
Docente de la carrera de Ingeniería Industrial
Revisor de Tesis Profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 22/Oct/2021

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Alejandro González Uribe	
Carrera: Ingeniería Industrial	Núm. de control: D15120162
Nombre del proyecto: Desarrollo de un plan de mantenimiento	
Producto: Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional	

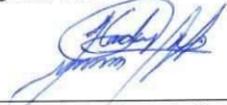
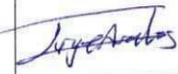
Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE


M.C. Gabriel Magaña Guzmán
Coordinador de Ingeniería Industrial
ITSUR



La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

Ing. Juan Carlos Ruiz Díaz 	Ing. Jorge Ávalos Carrillo 	Lic. Irai Martínez Zavala 
Nombre y Firma de Asesor(a)	Nombre y Firma del Revisor(a)* ¹	Nombre y Firma del Revisor(a)* ²

c.c.p.- Expediente

Elementos del trabajo profesional

- Copia de la portada
- Oficio de Liberación de Proyecto para la Titulación Integral
- Resumen
- Abstract
- Palabras Claves (keywords)
- Agradecimientos
- Dedicatoria
- Índice general
- Índice de figuras
- Índice de tablas
- Índice de contenido
- Contenido (Todo lo que se indica en la tabla de contenido)

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios y a la Virgen María, por permitirme llegar hasta donde estoy y por acompañarme siempre.

A mis papás y mi hermana, que me han apoyado y acompañado en cada paso de mi vida. Igual a mi hermano, que a pesar de no estar más físicamente conmigo, continúa siendo uno de los motores de mi vida.

A mi tío Manuel, porque en siempre en cada camino que emprendo está conmigo.

A mi tío Jorge, que me apoyó en todo para la realización de este proyecto.

A todos mis compañeros de grupo, por haberme acompañado durante mi carrera, especialmente a mi amigo Uriel y amigas Eliud y Mariela, porque significaron más que unos amigos para mí.

A mi amigo Juan, que desde hace mucho tiempo me ha ofrecido su amistad, y que ha llegado a convertirse casi en un hermano.

Al ITSUR, por permitirme formar parte de esta comunidad y por brindarme una calidad educativa de un gran nivel.

A todos mis profesores, por todas las enseñanzas que compartieron conmigo y mis compañeros.

A la empresa Carto-empaques del Centro, por permitirme aplicar por primera vez mis conocimientos profesionales.

Dedicado a mi hermano Enrique González Uribe.

Tabla de contenido

Capítulo 1	14
Introducción.	14
Capítulo 2.....	15
Marco teórico (Antecedentes).	15
2.1 Historia del mantenimiento industrial	15
2.2 ¿Qué es el mantenimiento?	20
2.3 Objetivos del mantenimiento	22
2.4 Tipos de mantenimiento	23
2.4.1 Mantenimiento correctivo	25
2.4.2 Mantenimiento preventivo	27
2.4.3 Mantenimiento predictivo	30
2.5 Funciones de la gestión del mantenimiento	33
2.6 Importancia del mantenimiento	34
2.7 Conceptos básicos.....	34
2.7.1 El Fallo	35
2.7.2 Conceptos relativos a estados	36
2.7.3 Conceptos relativos a tiempos	38
2.8 Conceptos asociados al mantenimiento.....	39
2.8.1 Fiabilidad.....	39
2.8.2 Mantenibilidad	40
2.8.3 Disponibilidad.....	40
2.9 Teoría de envejecimiento de las máquinas.....	40
2.10 Características de un programa de mantenimiento preventivo	41
2.11 Campos de aplicación del mantenimiento preventivo	42
2.12 Ventajas de la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo ..	42
2.13 Método CPM	42
2.14 Nuevos enfoques de mantenimiento.....	44
2.14.1 TPM (Total Productive Maintenance).....	44

2.14.2 RCM (Reliability Centered Maintenance).....	46
2.15 Niveles de mantenimiento.....	47
2.16 Calidad y mantenimiento.....	49
2.17 El mantenimiento y la norma ISO 9000.....	50
2.18 Estrategias de mantenimiento industrial.....	50
2.19 Análisis de criticidad.....	52
2.20 Las seis grandes pérdidas de los equipos de producción.....	53
2.21 Mantenimiento centrado en la fiabilidad.....	54
2.22 Servicios de prevención.....	54
Capítulo 3.....	56
Planteamiento del problema.....	56
3.1. Identificación.....	56
3.2. Justificación.....	56
3.3. Alcance.....	57
Capítulo 4.....	59
Objetivos.....	59
4.1. Objetivos generales.....	59
4.2. Objetivos específicos.....	59
Capítulo 5.....	60
Metodología.....	60
5.1 Análisis de la situación actual de la empresa.....	60
5.2 Análisis de la situación actual del departamento de mantenimiento.....	62
5.3 Elaboración de vales de herramientas.....	63
5.4 Orden de mantenimiento correctivo.....	66
5.5 Análisis de los problemas presentados en la línea de producción.....	67
5.6 Análisis de criticidad.....	70
5.7 Determinación de las actividades de mantenimiento.....	73
5.8 Determinar la periodicidad del mantenimiento.....	77
5.9 Programa de mantenimiento.....	81
5.10 Manejo y almacenamiento de refacciones.....	84

5.11 Análisis financiero	89
Capítulo 6	91
Resultados	91
6.1 Resultado de análisis de la empresa	91
6.2 Resultado del análisis del departamento de mantenimiento	91
6.3 Resultado del vale de herramientas	91
6.4 Resultados de la orden de mantenimiento correctivo	92
6.5 Resultados del programa de mantenimiento	93
Capítulo 7	96
Análisis de Resultados	96
Capítulo 8	97
Conclusiones y trabajo a futuro	97
Referencias bibliográficas	99
Anexos	101

Índice de figuras

Imagen 2.1 Concepto de mantenimiento industrial	21
Imagen 2.2 Evolución de la detección fallo.	31
Imagen 2.3 Diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a emplear	33
Imagen 2.4 Esquema de capacidad de los dispositivos	37
Imagen 2.5 Esquema de disponibilidad de los dispositivos.....	37
Imagen 2.6 Esquema de tiempos de los dispositivos.....	38
Imagen 2.7 Rendimiento de la máquina.....	41
Imagen 2.8 Diagrama CPM.....	44
Imagen 2.9 Niveles de mantenimiento	47
Imagen 2.10 Seis pérdidas de los equipos de producción	53
Imagen 5.1 Vale de herramientas	65
Imagen 5.2 Solicitud de mantenimiento correctivo	67
Imagen 5.3 Método CPM por máquina.....	78
Imagen 5.4 Método CPM por máquina.....	78
Imagen 5.5 Método CPM por máquina.....	78
Imagen 5.6 Método CPM por máquina.....	78
Imagen 5.7 Método CPM por máquina.....	79
Imagen 5.8 Método CPM por máquina.....	79
Imagen 5.9 Método CPM por máquina.....	79
Imagen 5.10 Método CPM por máquina.....	79
Imagen 5.11 Método CPM por máquina.....	80
Imagen 5.12 Método CPM por máquina.....	80
Imagen 5.13 Método CPM por máquina.....	80
Imagen 5.14 Método CPM por máquina.....	80
Imagen 5.15 Método CPM por máquina.....	81
Imagen 5.16 Programa de mantenimiento	82
Imagen 5.17 Detalle sobre programa de mantenimiento.....	83

Índice de tablas

Tabla 5.1 Equipo de la empresa Carto-empaques del Centro S.A. de C.V.....	60
Tabla 5.2 Clasificación de empresas.....	62
Tabla 5.3 Nivel de criticidad	71
Gráfica 5.1 Problemas con el herramental	64
Gráfica 5.2 Porcentaje de problemas con el herramental	64
Gráfica 5.3 Fallos por máquina	68
Gráfica 5.4 Fallos por línea	69
Gráfica 5.5 Porcentaje de fallos	70
Gráfica 6.1 Problemas con el herramental	92
Gráfica 6.2 Ocurrencia por máquina	94
Gráfica 6.3 Ocurrencia por línea	94

Título de la tesis:

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

Resumen y abstract:

El propósito de este proyecto es encontrar cuáles son los equipos que presentan mayor cantidad de problemas en la empresa Carto-empaques del Centro S.A. de C.V., asimismo identificar en qué línea se están presentando la mayor cantidad de problemas, esto para con el fin de elaborar un programa de mantenimiento teniendo como base los requerimientos de la planta según la urgencia de mantenimiento de los equipos disponibles. Para poder elaborar este programa primero se identificaron las máquinas que presentan más problemas para poder determinar qué actividades de mantenimiento son necesarias para cada una, posteriormente se utilizó el método CPM para poder programar las actividades dentro de un periodo mensual.

The purpose of this project is to find which teams have the most problems in the company Cartoempaques del Centro S.A. de C.V., also identify in which line the greatest number of problems are occurring, this in order to prepare a maintenance program based on the requirements of the plant according to the urgency of maintenance of the available equipment. In order to prepare this program, the machines that present the most problems were first identified in order to determine which maintenance activities are necessary for each one, then the CPM method was used to program the activities within a monthly period.

Palabras claves (*keywords*)

- Mantenimiento
- Mantenibilidad
- Funcionalidad
- Fallo
- Programa de mantenimiento.

Capítulo 1

Introducción.

El presente trabajo tiene como propósito el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento en la empresa Carto-empaques del Centro S.A. de C.V., esto porque no se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo ni tampoco se lleva un registro del mantenimiento correctivo que es necesario realizar en los equipos cuando se requiera.

Debido a la demanda de trabajo que presenta esta empresa ha aumentado en los últimos años, es estrictamente necesario contar con un plan de mantenimiento y ponerlo en marcha, a su vez, con este plan de mantenimiento se espera mejorar la productividad de los equipos con los que cuenta la empresa y se reducir la cantidad de fallos en la línea de producción.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

2.1 Historia del mantenimiento industrial.

Sin tener cuerpo de doctrina, durante la revolución industrial, a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, las tareas de reparación de la maquinaria entraron a formar parte del mecanismo productivo de la industria, lo que hoy denominamos como mantenimiento correctivo. Las profundas transformaciones económicas que comenzaban a producirse en la sociedad, la instauración del beneficio económico como objetivo de la producción (a diferencia de lo que sucedía durante el feudalismo) y la competitividad entre las principales industrias, hizo plantearse la necesidad de un abaratamiento de los costes productivos. Esto, inevitablemente pasa por obtener un máximo aprovechamiento de los equipos de producción, y consecuentemente obliga a realizar un mantenimiento, siquiera elemental, de los mismos.

El mantenimiento de equipos y máquinas, como actividad organizada, se aplica por primera vez en fundiciones de los Estados Unidos, y en submarinos y aviones militares durante la Primera Guerra Mundial. Más tarde, hacia el año 1920, el mantenimiento y las primeras técnicas de verificación mecánica ya se practicaban en granjas agrícolas y transportes. Una década después, aproximadamente, aparecieron las primeras consultorías en este campo. Por aquella misma época, el grupo comercial ARINC (Aeronautical Radio Incorporated) realiza estudios de fiabilidad a la aviación. También aparecen las primeras estadísticas sobre tasas de fallo en motores y equipos instalados en los aviones, que son aplicados a la planificación de repuestos.

Durante la Segunda Guerra Mundial y en la posguerra, el mantenimiento experimenta un desarrollo importante, promovido fundamentalmente por las aplicaciones militares, principalmente programas de mantenimiento preventivo en la Armada y en las Fuerzas Aéreas, consistentes en inspeccionar los aviones antes

de cada vuelo, y el reemplazo periódico de algunos componentes después de cierto número de horas de funcionamiento.

Por otro lado, el matemático Erich Pieruschka sistematiza el cálculo de probabilidades aplicando a la cuantificación de la fiabilidad de los componentes de las bombas alemanas V1 y V2, con el fin de mejorar la fiabilidad de todo el conjunto. Pieruschka llegó a la conclusión de que la expresión que arrojaba la probabilidad de éxito de un sistema, venía dada por el producto de las probabilidades de éxito individuales de cada uno de sus componentes.

La utilización de equipos redundantes, en ciertos procesos productivos, comienza a hacerse extensiva a mediados del siglo XX, de este modo se consiguen notables disminuciones en las tasas de fallo del proceso. Paralelamente, comienzan a aplicarse algunas técnicas de ensayo y análisis de parámetros funcionales de la máquina que muestran indicios acerca de su estado, lo que permite su reparación o reemplazo según su condición y, con ello, disminuir la probabilidad de fallo de la máquina.

En este sentido cabe destacar los estudios de Frankel Y Kontorova, en 1938, sobre los procesos de deformación plástica de los materiales, mediante técnicas de emisión acústica. También merecen una mención especial los estudios de Kaiser, realizados en 1950 en el Instituto Técnico de Múnich, descubriendo el efecto que lleva su nombre, que permite la detección de fatiga de un material.

Mientras que a comienzos de los 50, los ingenieros de EE.UU. realizaban estudios teóricos del mantenimiento industrial, y empezaban a aplicar de forma sistemática una metodología de mantenimiento, en la U.R.R.S. se empezó por estudiar un sistema de mantenimiento de máquinas herramientas.

A partir de los años 50 comienzan a distinguirse dos líneas de trabajo bien definidas dentro del mantenimiento industrial: por un lado, las técnicas de análisis de fiabilidad de los equipos, ya mencionadas; por otro lado, las técnicas de verificación mecánica, cuya finalidad es la detección prematura de los posibles fallos o defectos

en las máquinas, lo que supone el advenimiento formal del *mantenimiento predictivo*.

Dentro de la primera línea cabe mencionar los trabajos de Greer, en 1960, y Hanks, en 1961, acerca de la planificación del mantenimiento, resaltando la gran utilidad de disponer de estadísticas que reflejaran la evolución histórica de las máquinas y sus averías. Posteriormente McCall, en 1965, describe diversos métodos de optimización de las políticas de mantenimiento.

En cuanto a la segunda línea, en la ASME Petroleum Mechanical Engineering Conference de Dallas, en septiembre de 1968, se produce un hecho de vital importancia para el desarrollo de las técnicas predictivas y su posterior aplicación en forma generalizada a la industria: la publicación de los trabajos realizados por J.S. Sohre en los que se hace una recopilación de las manifestaciones vibratorias producidas por los defectos más frecuentes de la maquinaria rotativa. Para comprender la importancia de, trabajo de Sohre, conviene señalar que el conjunto de patrones espectrales de la vibración divulgados en el mismo, siguen siendo en la actualidad ampliamente utilizados, e incluso constituyen la base fundamental del mantenimiento predictivo aplicado por un amplio sector de la industria.

En cuanto al desarrollo experimentado en las últimas décadas por el mantenimiento, puede decirse que la historia reciente del mismo ha supuesto su confirmación como una tecnología con un cuerpo de ciencia propio. Impulsado principalmente por la industria norteamericana militar, aeroespacial y electrónica, ha ido poco a poco introduciéndose en todo el panorama industrializado mundial, con una incidencia temprana y muy importante en los sectores Químico, Naval y Energético. Su aplicación hoy en día se extiende a todos los sectores industriales, hasta el punto que su grado de implantación en la industria de un país llega a utilizarse como un indicador de su estado de desarrollo.

En 1970, el Ministerio de Tecnología del Reino Unido publica un informe sobre la incidencia de mantenimiento en la economía nacional, y posteriormente en 1977 se establecen nuevas previsiones para el final de la década. Estas previsiones

representaban un notable incremento acorde con los datos procedentes de la economía americana, en el sentido de que las plantas más modernas tienen un mantenimiento más caro.

Este informe del partido laborista británico acerca de la situación en la industria, trataba ya el tema del mantenimiento como una entidad separada de la función de la producción. Sin embargo, durante esta década, el mantenimiento es visto desde dos enfoques diferentes, como son los de la escuela soviética y de la escuela occidental.

La escuela soviética, contemplaba los parámetros de mantenimiento de las máquinas desde el punto de vista constructivo, introduciendo los conceptos de salud y envejecimiento, análogamente a los biológicos. En este sentido cabe destacar el estado de los parámetros de diseño de las máquinas, como es el caso de Artobolevski y de Goryachkin, este último haciendo referencia al cálculo del desgaste de la máquina, e introduciendo en el diseño parámetros para la comodidad del mantenimiento y de la reparación. También son notables los trabajos que fueron realizados por Artemieb y Raiman sobre la elaboración y análisis de datos en el desgaste de los tractores, incluyendo el consumo de piezas de repuesto. Finalmente, Selivanov introdujo en el año 1972 la noción de utilidad como una característica generalizada de las propiedades de servicio de las máquinas.

En contraposición, la escuela occidental contemplaba, dentro del estudio de mantenimiento, los conceptos económicos de libre mercado, como factores fundamentales para determinar la rentabilidad de la reparación, y que pueden aconsejar en algunos casos la renovación de la maquinaria. En este sentido, Kelly introdujo en 1975 el concepto de *terotecnología*, donde se contempla el estudio del coste del ciclo de vida (LCC o "live cycle costing"). (León, 1998).

A partir de la Primera Guerra Mundial, de la Segunda y sobre todo tras atravesar una grave crisis energética en 1973, empieza a concebirse el concepto de fiabilidad. La aviación y la industria automovilística son las lideran esta nueva forma de

trabajar. Se desarrollan nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes:

- En la robustez del diseño, a prueba de fallos y que minimice las actuaciones de mantenimiento.
- En el mantenimiento por condición, como alternativa al mantenimiento sistemático. Aparece el mantenimiento predictivo.
- En el análisis de fallos, tanto los que han ocurrido como los que tienen una probabilidad tangible de ocurrir (fallos potenciales). Se desarrolla en Mantenimiento basado en Fiabilidad o RCM. El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se podría afirmar que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.
- En el uso de la informática para el manejo de todos los datos que se manejan ahora en mantenimiento: órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, control de costes, etc. Se busca tratar todos estos datos y convertirlos en información útil para la toma de decisiones. Aparece el concepto de GMAO (Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador), también denominado GMAC (Gestión del Mantenimiento Asistido por Computadora) o CMMS (Computerised Management Maintenance System).
- En la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones. Aparece el concepto de TPM (Total Productive Maintenance), o también llamado como Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas 'transferidas' son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir Cero Averías. Como filosofía de mantenimiento, TPM se basa

en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología. (Garrido, 2003)

2.2 ¿Qué es el mantenimiento?

Según (Márquez, Ajuech, & Santiago, 2017), el mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable.

Santiago García Garrido (2009) escribió que el mantenimiento es el conjunto de técnicas destinadas a conservar los equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (Garrido, 2003)

La norma francesa AFNOR 60.010 define mantenimiento como el conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien o un estado especificado o en capacidad de asegurar un servicio determinado. (Javier, s.f.)

La norma CEI 60050-191, dice que el mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión que están destinadas a mantener y/o restaurar un elemento en un estado que le permita funcionar como lo requerido. (AEC, 2019)

La OCDE lo define de la siguiente manera: “control constante de las instalaciones y conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para asegurar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las plantas productivas, de sus servicios e instalaciones”. (OCDE, 1963).

Por lo tanto, podemos definir el mantenimiento como todas aquellas acciones y técnicas realizadas con el objetivo de conservar y/o restaurar un equipo con el fin de garantizar su buen funcionamiento y, de esta manera cumplir con un objetivo determinado.

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

De acuerdo con lo anterior, podemos decir que el mantenimiento es toda acción eficaz realizada para conservar los aspectos operativos e importantes de las empresas:

- Funcionalidad
- Productividad
- Seguridad e higiene
- Comodidad
- Imagen corporativa

En la imagen 2.1 se muestra un esquema del concepto de mantenimiento industrial.

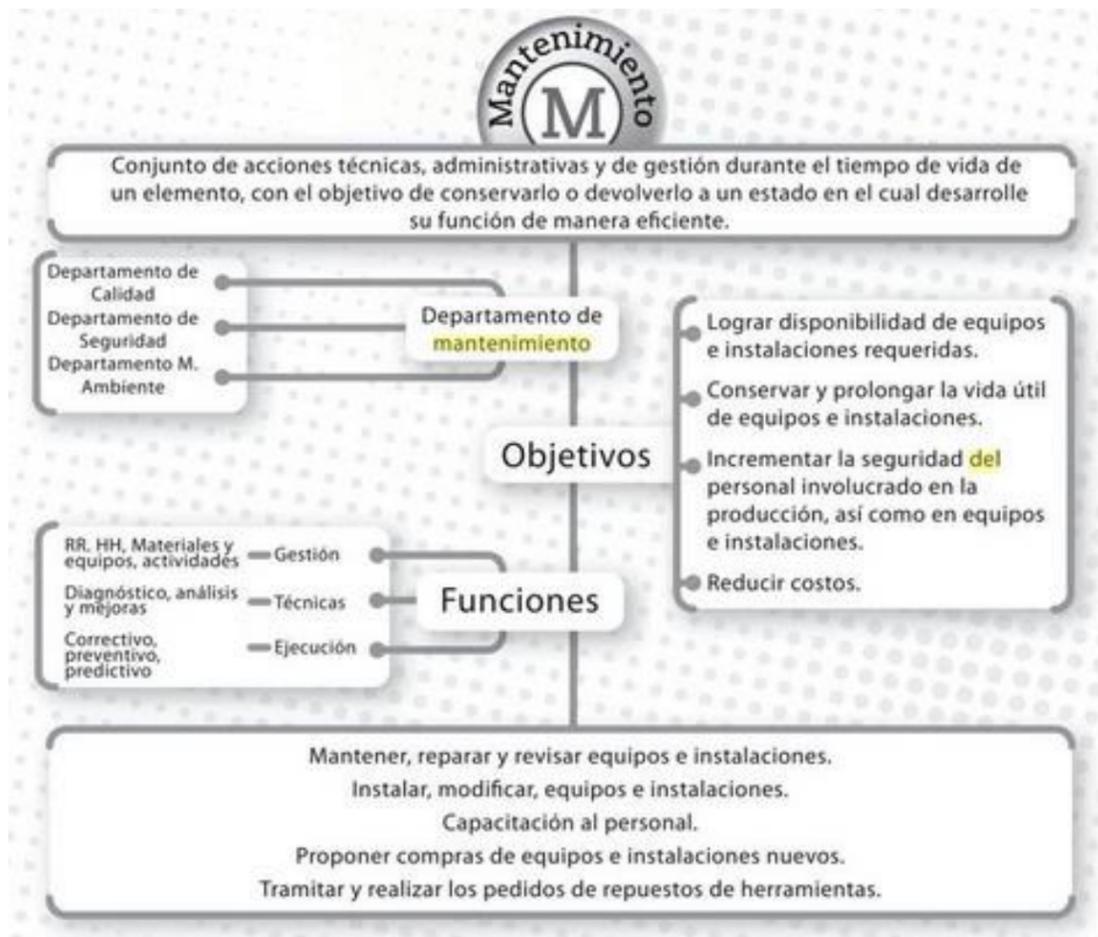


Imagen 2.1 Concepto de mantenimiento industrial.

Fuente: (Márquez, Ajuech, & Santiago, 2017)

En el congreso internacional de la OCDE de 1963 se definió al mantenimiento como la función empresarial a la que se encomienda el control constante de instalaciones, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos (Baldin, Furlanetto & Roversi, 1982).

El mantenimiento se considera como una actividad necesaria para asegurar la disponibilidad de los equipos, edificios e instalaciones. De ello depende en gran medida que la planta física se conserve en buenas condiciones de operación (Márquez, Ajuech, & Santiago, 2017).

Las características de las actividades industriales experimentaron modificaciones que impusieron diferentes ritmos de desarrollo, llegando en la actualidad a ser decidida en los campos de la calidad y de la productividad.

En este escenario la importancia del mantenimiento en cuanto a su contribución a los dos factores claves de la competitividad, que las empresas tienen hoy en día; se da con la existencia de un tercer factor clave que es propio del mantenimiento: la confiabilidad.

El mantenimiento se destaca como la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la performance industrial al mismo tiempo, estos son: costo, plazo y calidad de productos y servicios; definida según Mckinsey & Company como la “Función Pivotal”. (Gamón, 2009)

2.3 Objetivos del mantenimiento

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%) puesto que esto puede llegar a ser muy caro, antirrentable. Conseguir pues el objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es pues generalmente suficiente.

La disponibilidad de una instalación se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, esto independientemente de que finalmente haya estado disponible o no por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo fundamental de mantenimiento no es pues reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industrial tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación. (Ramírez, 2003)

2.4 Tipos de mantenimiento

Como consecuencia del concepto de mantenimiento, surge un nuevo concepto, que es el *mantenimiento total*, que se define como el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas e instalaciones puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un determinado plan de producción en constante evolución.

La estrategia para que esto se cumpla consistirá en poner en marcha un plan de modernización de la organización del mantenimiento y de la producción, detallado y homogéneo, que permita a cada instante la evaluación del nivel de funcionamiento existente y garantice mejorarlo hasta niveles óptimos.

Las actividades de mantenimiento deben orientarse, por tanto, a reducir al mínimo posible la indisponibilidad de las instalaciones y eliminar sus disfuncionamientos que, aunque sean breves, distorsionan la continuidad del proceso productivo y la calidad de los productos. La disponibilidad y la fiabilidad constituyen dos índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento; pero para que el mantenimiento pueda calificarse de eficiente es preciso, además, que los costos involucrados sean

lo más reducidos posible. Teniendo en cuenta esta necesaria reflexión se puede definir que los tipos de mantenimiento deben estar en función de:

- **Mantenimiento Preventivo:** Partiendo del principio de que toda máquina o instalación está proyectada con las características ideales para el trabajo a desarrollar, la labor de mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para asegurar la continuidad de dichas características originales y una disponibilidad máxima para el trabajo a desarrollar, por tanto las primeras condiciones que se deben exigir a mantenimiento son evitar averías y que los trabajos de mantenimiento no absorban el tiempo de producción de las máquinas e instalaciones, o en todo caso, en la mínima proporción posible. La continuidad de las características antes mencionadas se consigue inspeccionando y reparando antes que los desgastes puedan producir averías, realizando reparaciones de forma planificada.
 - **No planificado:** Son las acciones rutinarias (trabajos o gamas) que se ejecutan a las máquinas.
 - **Planificado o programado:** Son las acciones (trabajos o gamas) que se ejecutan con una frecuencia periódica a las máquinas. La frecuencia estará condicionada por un medidor (horas, kilómetros recorridos, unidades o toneladas producidas, etc.)
- **Mantenimiento correctivo o Avería:** Cuando el servicio de mantenimiento debe intervenir en una reparación de emergencia, producidas por deficiencias no aparentes y por tanto no detectadas en inspecciones preventivas, o bien por posibles errores o negligencias del personal que utiliza los equipos. Estas averías imprevistas no se podrán evitar. Aun cuando se aplique el mantenimiento preventivo, difícilmente puede ser planificado en primera intervención.
 - **No planificado:** Averías inevitables que suceden de forma aleatoria en el tiempo, durante el proceso de producción.

- **Planificado o programado:** Son las acciones (trabajos o gamas) sobre las que se tiene conocimiento de lo que hay que hacer para cuando sucede la avería o para cuando se quieran ejecutar.
- **Mantenimiento Basado en Modificaciones:** Si en alguna de esas reparaciones se encuentran anomalías que pueden ser eliminadas con modificaciones en las características originales con el fin de aumentar la eficacia de operación e intervención. Por ejemplo, la sustitución de cojinetes de fricción por rodamientos para mejorar las condiciones de engrase. (Ramírez, 2003)
- **Mantenimiento predictivo:** Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo. El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. (Rodríguez, 2014)

A continuación, se describen de manera más detallada los tipos de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

2.4.1 Mantenimiento correctivo

Roberto Julve Rodríguez lo define como el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Se aprovecha al máximo la vida útil de los elementos. (Rodríguez, 2014)

Enrique Dounce Villanueva describió al mantenimiento correctivo como todos los servicios de inspección, control, preservación y restauración de un ítem que opere como sistema abierto con la finalidad de prevenir, detectar o corregir fallas. (Villanueva, 2014)

José A. Rodríguez Ramírez dice que el mantenimiento correctivo se da cuando el servicio de mantenimiento debe intervenir en una reparación de emergencia, producidas por deficiencias no aparentes y por tanto no detectadas en inspecciones preventivas, o bien por posibles errores o negligencias del personal que utiliza los equipos. Estas averías imprevistas no se podrán evitar. (Ramírez, 2003)

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

Sus principales ventajas es que no requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis. También se obtiene un máximo aprovechamiento de la vida útil de los elementos.

Tiene como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectados a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación. Otro inconveniente de este sistema, es que se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto, a veces esas piezas de repuesto pueden ser de difícil adquisición, por lo que hay que tener un stock de repuestos importante. Se considera un mantenimiento de baja calidad como consecuencia del poco tiempo disponible para realizar la reparación.

Se aplica el mantenimiento correctivo cuando el coste total de las paradas ocasionas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.

Normalmente se emplea en sistemas secundarios, cuyas averías no afectan de forma importante a la producción. Suele ser el aplicado en mayor porcentaje en la mayoría de las industrias. (Rodríguez, 2014)

Podemos concluir que el mantenimiento correctivo son todas aquellas actividades que se enfocan en la restauración y reparación de un equipo cuando este ya ha presentado alguna falla y/o desperfecto.

Aunque es imposible que no falle algún equipo, siempre se busca reducir al máximo el mantenimiento correctivo, ya que el que este servicio sea requerido, significa un paro durante un tiempo, lo que se traduce en una pérdida de dinero, además de que se perderá dinero adicional por los repuestos.

2.4.2 Mantenimiento preventivo

Para Enrique Dounce Villanueva es el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que un sistema pueda seguir funcionando adecuadamente y no llegue a la falla. (Villanueva, 2014)

Jorge Saavedra Gamón lo definió como todas las actividades sistemáticamente predefinidas y repetitivas de mantenimiento responsables por la continuidad del servicio de un ítem, englobando inspecciones, ajustes, conservación y eliminación

de defectos, cuyo destino final es evitar o reducir fallas en los equipos, a mejorar la confiabilidad de los equipos y la calidad de producción. (Gamón, 2009)

Francisco Javier González Fernández lo define como el mantenimiento efectuado según criterios predeterminados para reducir la probabilidad de fallo de un bien o la degradación de un servicio rendido. (Fernández, 2005)

Podemos definir este tipo de mantenimiento como una acción o serie de acciones necesarias para prolongar la vida útil de un equipo o de las instalaciones para así prevenir paros o suspensión de actividades por imprevistos.

Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia. Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida de la maquinaria y equipo hasta en un 50%. De un buen mantenimiento depende no sólo un funcionamiento eficiente de las instalaciones y las máquinas, sino que, además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como el hacer que los equipos tengan periodos de vida útil duraderos, sin excederse en lo presupuestado para su mantenimiento.

El análisis de riesgos es un paso previo a la realización de un plan de mantenimiento, en él se estudian los distintos fallos que se suelen producir y las consecuencias de los mismos. Lo primero que hay que tener en cuenta es que no pueden existir planes que prevengan totalmente todos los fallos o averías.

Su principal ventaja es la importante reducción de paradas imprevistas en equipos. Sólo es adecuado cuando, por naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

Uno de sus principales inconvenientes son los cambios innecesarios. Al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. También podemos tener problemas iniciales de operación, cuando se

desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Otro inconveniente es el coste en inventarios. Sigue siendo alto, aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión. Se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible. Si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se producirá una degeneración del servicio.

Es necesario definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento, establecer la vida útil de los mismos, determinar los trabajos a realizar en cada equipo y agrupar los trabajos según el momento en que deberán efectuarse las intervenciones.

Se aplicará en equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste. Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida. (Rodríguez, 2014)

Para poder realizar el mantenimiento preventivo, es vital realizar:

- **Visitas y/o inspecciones:** Se refiere a la verificación periódica en equipos, máquinas e instalaciones para comprobar su estado, pues permite seguir la evolución de anomalías para poder corregirlas antes de que se lleguen a producir fallas. Es necesario realizar las inspecciones con una frecuencia adecuada que permita satisfacer las necesidades de información al área de mantenimiento y así tomar en cuenta los siguientes factores: edad del equipo, el tipo de equipo, el ambiente, tipos de operación y otros factores que el departamento de mantenimiento considere necesarios.
- **Revisión:** Son intervenciones pequeñas que no provocan un paro excesivo del equipo que afectan a la producción. En lo posible, estas revisiones se

realizan sin detener la producción en los equipos instalaciones. (MATUS, 2010)

Algunas de las actividades del mantenimiento preventivo son:

- Limpieza
- Lubricación
- Inspección
- Pruebas
- Ajustes y/o aprietes
- Reemplazo de piezas o componentes
- Servicio técnico
- Reparaciones menores

Estas actividades son de vital importancia para lograr mantener los equipos e instalaciones en perfectas condiciones para la operación, y lo más apropiado es que sean de corta duración, además de que los operadores pueden participar en dichas actividades.

Además de que es necesario determinar en qué momento se realizarán estas actividades, con qué frecuencia y a cuáles equipos, con el fin de no interrumpir el proceso. (Gamón, 2009)

2.4.3 Mantenimiento predictivo

Enrique Dounce Villanueva lo define como los servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios (que también los llama sistemas), a través de análisis de síntomas o estimación mediante evaluación estadística, supervisión del funcionamiento y determinación del punto exacto del cambio. (Villanueva, 2014)

Víctor Humberto Ayala Matus escribe que este mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos, mediante equipos sofisticados, a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las que no se les puede permitir fallar de manera imprevista. (MATUS, 2010)

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

Roberto Julve Rodríguez lo describe como el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo. El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos. Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento. En la siguiente figura, denominada curva P-F, observamos cómo un fallo comienza y prosigue el deterioro hasta un punto en el que puede ser detectado (el punto P de fallo potencial). A partir de allí, si no se detecta y no se toman las medidas oportunas, el deterioro continúa hasta alcanzar el punto F de fallo funcional:

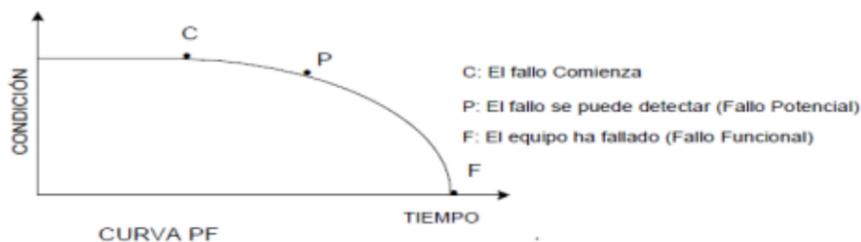


Imagen 2.2 Evolución de la detección fallo

Fuente: (Rodríguez, 2014)

El seguimiento y control de los parámetros se puede hacer mediante vigilancia periódica, en cuyo caso es importante establecer una frecuencia tal que nos permita detectar el deterioro en un momento entre P y F, y que no sea demasiado tarde para reaccionar. Asimismo, se puede hacer mediante monitorizado en continuo lo que

evita el inconveniente anterior, pero no siempre es factible y, en cualquier caso, es más costoso. De manera que finalmente los parámetros a controlar y la forma depende de factores económicos.

Podemos definir al mantenimiento predictivo como el conjunto de actividades de seguimiento, diagnóstico continuo y monitorización de un sistema o equipo, que permiten una intervención inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo.

Las ventajas que aporta este tipo de mantenimiento son que, al conocerse en todo momento el estado de los equipos, permite detectar fallos en estado incipiente, lo que impide que éste alcance proporciones indeseables. Por otra parte, permite aumentar la vida útil de los componentes, evitando el reemplazo antes de que se encuentren dañados.

Y, por último, al conocerse el estado de un defecto, pueden programarse las paradas y reparaciones previéndose los repuestos necesarios, lo que hace disminuir los tiempos de indisponibilidad.

Como inconvenientes observamos que requiere personal mejor formado y la instrumentación de análisis es costosa. No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia. Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

Se suele aplicar este tipo de mantenimiento en maquinaria rotativa, motores eléctricos, equipos estáticos, eléctrica e iluminación. (Rodríguez, 2014)

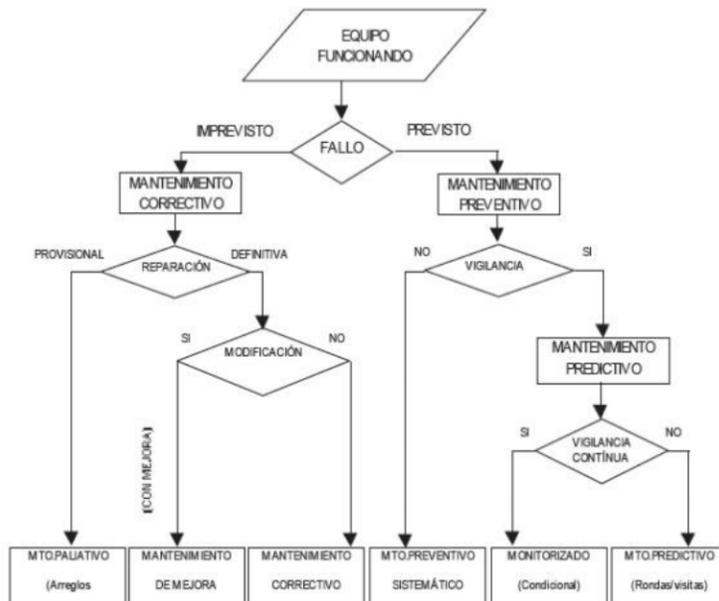


Imagen 2.3 Diagrama de decisión sobre el tipo de mantenimiento a emplear

Fuente: (Rodríguez, 2014)

2.5 Funciones de la gestión del mantenimiento

Las funciones del mantenimiento se pueden clasificar en dos tipos: primarias y secundarias; estas se describen a continuación.

Primarias

- Mantenimiento del equipo
- Mantenimiento de los edificios
- Inspección y lubricación de equipo
- Modificación del equipo y edificios existentes. Además de nuevas instalaciones

Secundarias

- Almacenamiento de materiales
- Protección de la planta (incluyendo sistemas contra incendios)
- Disposición de desperdicios industriales

- Eliminación de contaminaciones y ruidos
- Limpieza
- Cualquier otro servicio que solicite la administración de la planta

2.6 Importancia del mantenimiento

La importancia que cada empresa le da al mantenimiento depende de los fines y objetivos de la actividad a que se dedica.

Los planificadores de mantenimiento de cada empresa, deben preparar análisis detallados de los diferentes sistemas de mantenimiento contra costo de operación, que deben incluir intangibles, tales como prestigio, confiabilidad, y seguridad. (Bravo & Barrantes, 1989).

El mantenimiento preventivo es el que garantiza un adecuado funcionamiento de las máquinas en el área de producción y de la misma forma sirve para maximizar su tiempo de servicio. A través del mismo se logra eliminar la improvisación en las actividades de mantenimiento, las cuales representan un alto costo para la empresa.

“Si el mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones”. (Dixon, 2000, p.75).

2.7 Conceptos básicos

Los sistemas productivos están formados por equipos productivos, y estos pasan por distintas fases en su ciclo de vida, al nacimiento de una idea o concepto de sistema, le sigue la definición de su política de productos y servicios, su diseño, fabricación, montaje y puesta en marcha. Es entonces cuando empieza el sistema su régimen normal de funcionamiento, hasta que se procede a su desmantelamiento o baja definitiva del activo en cuestión.

Durante la fase de operación del sistema productivo surgen incidentes denominados fallos. Los fallos en los equipos pueden llegar a impedir la eficacia del sistema de producción y, en la mayoría de los casos, disminuyen su eficiencia.

2.7.1 El Fallo:

Por fallo se entiende el cese de la aptitud de un elemento para realizar una función requerida. Por tanto, tras el fallo el elemento se encuentra en estado de avería. Fallo es el paso, la transición, de un estado a otro. Siempre que un fallo tiene lugar, existe el mecanismo que lo hace posible, el cómo se ha producido ese cese de la aptitud del elemento. Este concepto, el proceso físico, químico o de otro tipo se denominará a partir de ahora como modo de fallo del elemento.

Además de conocer el cómo se produce el fallo del elemento, será de enorme interés averiguar por qué tuvo lugar, encontrar la razón que condujo al fallo o causa de fallo. Las causas del fallo serán circunstancias asociadas con el diseño, fabricación, instalación, uso y mantenimiento del elemento.

Existen, por tanto, fallos de diseño, fallos de fabricación, fallos de instalación, fallos por mal uso, fallos por mal manejo o manutención y fallos que son el resultado de un inadecuado o incorrecto mantenimiento.

Es por tanto fundamental que exista la capacidad de clasificación de los distintos modos de fallo de los elementos que componen las instalaciones a mantener y que no falte la capacidad de discriminación entre las posibles causas de los mismos. Esto nos permitirá asociarlos a patrones de comportamiento o, desde un punto de vista estadístico, a funciones de distribución de las probabilidades de que estos fallos tengan lugar. De tal forma que será posible hacer una clasificación de los mismos de acuerdo con la naturaleza de esta función de distribución. Con este criterio podríamos hacer la agrupación inicial siguiente:

- **Fallos por desgaste:** fallo cuya probabilidad de que ocurra aumenta con el tiempo de operación, o con el número de operaciones realizadas por el dispositivo, o con los esfuerzos aplicados.

- **Fallos repentinos:** fallo que no puede preverse por examen o monitorización previos. Es decir, su probabilidad de que ocurra es prácticamente constante en el tiempo de operación o calendario.
- **Fallo por mala utilización:** son aquellos fallados causados por la mala utilización por parte de los operarios de los dispositivos.

2.7.2 Conceptos relativos a estados:

Suponiendo que en todo momento se está suministrando los medios exteriores necesarios para el funcionamiento de un elemento, existen dos estados fundamentales del mismo: estado de disponibilidad, o estado de un elemento caracterizado por su aptitud para realizar una función requerida, y el estado de indisponibilidad, o estado de un elemento caracterizado por su ineptitud para realizar esa función.

Si la aptitud del elemento para cumplir con una función requerida cesa con motivo de la falta de suministro de medios exteriores, se dice entonces que el elemento sigue en estado de disponibilidad, pero que se encuentra en un estado de incapacidad externa. Un equipo podrá encontrarse entonces en un estado de incapacidad, o de ineptitud para cumplir una función requerida, como consecuencia del cese en el suministro de los medios externos necesarios para su funcionamiento (incapacidad externa) o bien porque se encuentre en estado de incapacidad interna, o estado de un elemento caracterizado, bien por una avería, bien por una posible ineptitud para realizar una función requerida durante el mantenimiento. El estado de incapacidad interna coincide por tanto con el estado de indisponibilidad del equipo.



Imagen 2.4 Esquema de capacidad de los dispositivos

Fuente: (Rodríguez, 2014)

A su vez, cuando un equipo se encuentra disponible, puede hallarse en los siguientes estados: en estado de funcionamiento, o estado en que un elemento realiza la función requerida; en estado de espera, también llamado estado de reserva, que es un estado de disponibilidad no operativa durante el tiempo requerido; o en estado de inactividad, también llamado libre de servicio o de reposo, que es un estado de disponibilidad y de no funcionamiento durante un tiempo no requerido. A continuación, podemos ver un gráfico mostrando los anteriores estados.

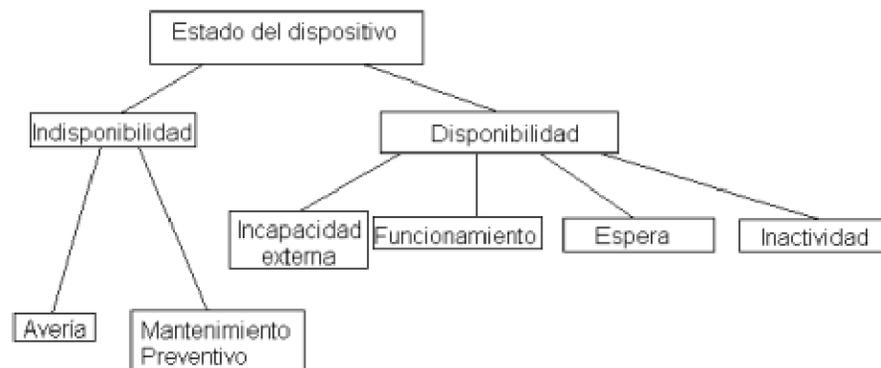


Imagen 2.5 Esquema de disponibilidad de los dispositivos

Fuente: (Rodríguez, 2014)

2.7.3 Conceptos relativos a tiempos:

Una vez definidos los estados en que puede encontrarse un elemento, se pueden definir cada uno de los tiempos que el dispositivo permanece en cada estado, atendiendo a la clasificación general de la siguiente figura:



Imagen 2.6 Esquema de tiempos de los dispositivos

Fuente: (Rodríguez, 2014)

Como podemos observar, salvo que exista incapacidad como consecuencia de la ausencia de medios exteriores, la indisponibilidad del elemento será achacable al tiempo de mantenimiento del mismo que le impide cumplir con su función requerida, o intervalo de tiempo durante el que se efectúa una acción de mantenimiento sobre el mismo, manual o automáticamente, incluidos los retrasos técnicos y logísticos, que le impiden cumplir con su función. En efecto el tiempo de mantenimiento de un elemento incluirá un tiempo llamado de mantenimiento activo, durante el que se efectuará la acción de mantenimiento, pero a menudo también se incurrirá en retrasos, fundamentalmente cuando se producen fallos y las actuaciones de mantenimiento no se han programado con antelación.

Los retrasos pueden ser de tipo administrativo (por ejemplo, los retrasos provocados por la imposibilidad de ejecutar acciones de mantenimiento por la necesidad de obtención de permisos o autorizaciones de acceso a los equipos, la necesidad de determinados trámites oficiales para el comienzo de la realización de un trabajo, etc.) o de tipo logístico (por ejemplo, los debidos al desplazamiento hasta instalaciones no atendidas, a la espera de piezas de recambio, de equipos de ensayo, de informaciones y de condiciones ambientales adecuadas, etc.).

Existe otro conjunto de términos de tiempo, relativos a la fiabilidad de los dispositivos, entre los cuales destacamos los siguientes:

- Tiempo hasta el fallo, o duración acumulada de los tiempos de funcionamiento de un elemento, desde la primera puesta en estado de disponibilidad hasta la aparición de un fallo, o desde un restablecimiento hasta la aparición del fallo siguiente.
- Tiempo entre fallos, o duración entre dos fallos consecutivos de un elemento reparado.
- Vida útil, que, en unas condiciones dadas, es el intervalo de tiempo que comienza en un instante determinado y termina cuando la intensidad de fallo se hace inaceptable o cuando el elemento se considera irreparable como resultado de una avería.

2.8 Conceptos asociados al mantenimiento

2.8.1 Fiabilidad

La teoría de la fiabilidad es el conjunto de teorías y métodos matemáticos y estadísticos, procedimientos y prácticas operativas que, mediante el estudio de las leyes de ocurrencia de fallos, están dirigidos a resolver problemas de previsión, estimación y optimización de la probabilidad de supervivencia, duración de vida media y porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de un sistema.

2.8.2 Mantenibilidad

La mantenibilidad es una característica inherente a un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica.

Así, la mantenibilidad podría ser expresada cuantitativamente, mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento especificada en el elemento que se considera, con los recursos de apoyo especificados.

Intervienen en la ejecución de estas tareas tres factores:

- **Factores personales:** habilidad, motivación, experiencia, capacidad física, etc.
- **Factores condicionales:** representan la influencia del entorno operativo y las consecuencias que ha producido el fallo en la condición física, geometría y forma del elemento en recuperación.
- **El entorno:** temperatura, humedad, ruido, iluminación, vibración, momento del día, viento, etc.

2.8.3 Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en el momento o instante que es requerido. Para poder disponer de un sistema en cualquier instante, éste no debe de tener fallos, o bien, en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento. (Rodríguez, 2014)

2.9 Teoría de envejecimiento de las máquinas

Cada máquina tiene un tiempo de vida útil para el cual fue diseñada, pero este tiempo puede acortarse cuando no se realiza el debido mantenimiento. Al realizar mantenimiento preventivo se asegura la disponibilidad de la máquina y cada cierto tiempo se debe realizar un “over haul” para lo cual se planea un paro programado, como se muestra.

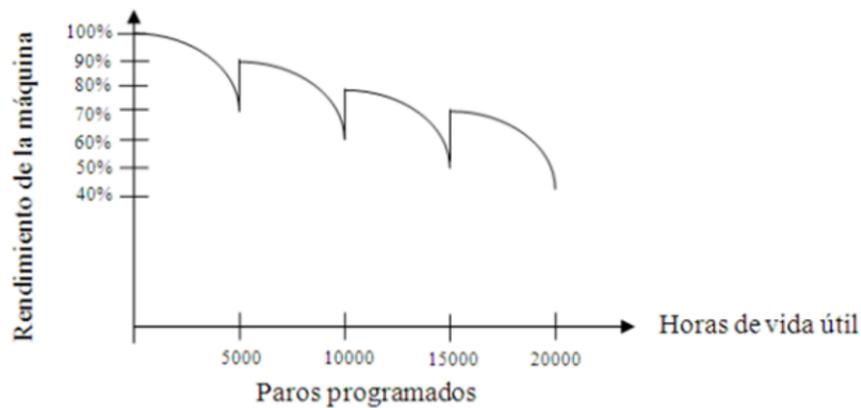


Imagen 2.7 Rendimiento de la máquina

Fuente: (González, 2011)

Este gráfico muestra que en cada paro programado en donde se ha realizado un mantenimiento general a la máquina, no regresa a su rendimiento del 100% debido al desgaste general de la misma. A este fenómeno se le conoce como envejecimiento de las máquinas, y cada máquina está diseñada para tiempo de vida útil diferente.

2.10 Características de un programa de mantenimiento preventivo

Según el autor Gabriel Alvendy 1985, p. 556. Las principales características de Mantenimiento Preventivo son las siguientes:

- Establecer un programa continuo que deberá ser establecido y operado por personas que están capacitadas en el mantenimiento del equipo.
- Preparar lista de verificación que también deberá ser realizada por personas que conozca de mantenimiento. Estas listas son utilizadas para hacerles inspecciones programadas en forma regular.
- Planear si es a corto o largo plazo la revisión de equipo, está es una de las características principales en los equipos. El a corto plazo se refiere a que el equipo deberá ser revisado en un mínimo tiempo estipulado, para que siga siendo productivo. El a largo plazo este afectaría normalmente el equipo de servicio de la planta.

2.11 Campos de aplicación del mantenimiento preventivo

Los altos niveles de automatización y los avances tecnológicos, han provocado que las empresas modernas y no tan modernas, utilicen cada vez más el mantenimiento preventivo como instrumento importante para alcanzar sus objetivos.

Se están usando los conceptos de mantenimiento preventivo en el área de servicio, informática, en la rama automotriz, electrónica y muy ampliamente en las industrias y talleres mecánicos.

Las empresas manufactureras se han visto beneficiadas de una forma muy importante aplicando los conceptos de mantenimiento preventivo de manera correcta. Los costos para producir un bien o servicio, por lo regular, son muy elevados y un paro o falla por causa de una máquina en la línea de producción representa una disminución considerable en la productividad de la empresa que se traduce en pérdidas de tiempo, dinero, materia prima y recursos.

2.12 Ventajas de la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo

La importancia de aplicar el mantenimiento Preventivo dentro de una empresa radica en la confiabilidad de que con su ejecución los equipos tendrán una mayor vida útil, con lo que se obtendrá una reducción de costos y un menor riesgo de paros de producción.

Es decir, con la implantación del mantenimiento Preventivo se puede tener un mayor control de los equipos que se encuentran en planta disponiendo del personal, tiempo y momento justo para realizar las rutinas de mantenimiento y paros programados. (González, 2011)

2.13 Método CPM

El CPM se ideó para desarrollar y controlar proyectos industriales en donde se consideraba que se conocían los tiempos de las tareas o actividades. Este método ofrecía la posibilidad de reducir los tiempos de las actividades añadiendo trabajadores y/o recursos, por lo general, con mayores costes. Por ello, una

característica distintiva del CPM era que permitía realizar intercambios entre tiempos y costes para las diversas actividades de los proyectos.

El CPM es idéntico al PERT en concepto y metodología. La diferencia principal entre ellos es simplemente el método por medio del cual se realizan estimaciones del tiempo para las actividades del proyecto. Con CPM, los tiempos de las actividades son determinísticos.

El CPM fue diseñado para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, el CPM expone la ruta crítica de un proyecto. Estas son las actividades que limitan la duración del proyecto. En otras palabras, para lograr que el proyecto se realice pronto. Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezar más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga en programa. El CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos.

El CPM también considera los recursos necesarios para completar las actividades. En muchos proyectos, las limitaciones en mano de obra y equipos hacen que la programación sea difícil. El CPM identifica los instantes del proyecto en que estas restricciones causarán problemas y de acuerdo a la flexibilidad permitida por los tiempos de holgura de las actividades no críticas, permite que el gerente manipule ciertas actividades para aliviar estos problemas.

Finalmente, el CPM proporciona una herramienta para controlar y monitorizar el progreso del proyecto. Cada actividad tiene su propio papel en éste y su importancia en la terminación del proyecto se manifiesta inmediatamente para el director del mismo. Las actividades de la ruta crítica permiten, por consiguiente, recibe la mayor parte de la atención, debido a que la terminación del proyecto depende fuertemente de ellas. Las actividades no críticas se manipularán y remplazarán en respuesta a la disponibilidad de recursos. (Revenga, 2008)

Consiste en formar una gráfica horizontal de izquierda a derecha, construida con flechas que se suceden unas a otras o se sitúan en paralelo, y que se unen entre sí con un círculo llamado evento, al que llegan flechas por su lado izquierdo y salen por su derecha, pueden ingresar o salir flechas del evento en forma vertical.

La red tiene un único evento de inicio y otro de fin. Las flechas representan las actividades o variables del modelo. En algunos casos es necesario recurrir a diagramar actividades ficticias con flechas con línea discontinua. Las actividades ficticias no representan una actividad real, solo son un recurso gráfico. (Orozco, 1996)

En la siguiente imagen, se muestra un ejemplo de cómo está construido un diagrama CPM.

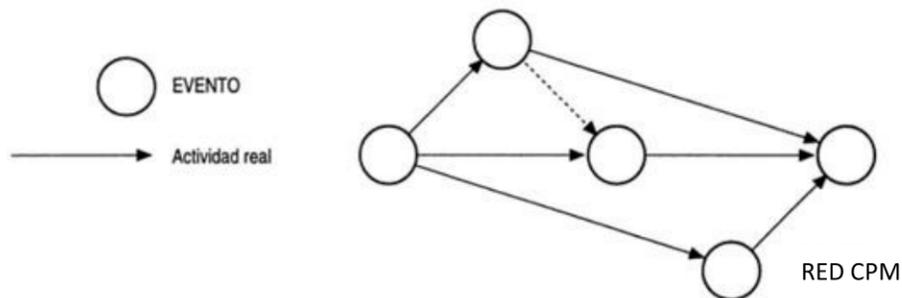


Imagen 2.8 Diagrama CPM

Fuente: (Orozco, 1996)

2.14 Nuevos enfoques de mantenimiento

2.14.1 TPM (Total Productive Maintenance)

El desarrollo del TPM comenzó en los años setenta. El tiempo que precede a los años cincuenta puede considerarse como “mantenimiento de averías”.

Las compañías japonesas han implantado el TPM en fases que corresponden aproximadamente a las fases del desarrollo en Japón del mantenimiento preventivo.

Este sistema está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.

- Mantenimiento: (Para mantener siempre las instalaciones en buen estado)
- Productivo: Está enfocado a aumentar la productividad
- Total: Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento)

Este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en pequeños grupos, mediante una dirección motivadora. Podemos resumirlo en los 5 objetivos siguientes:

- Maximizar la eficacia del equipo (mejorar la eficacia global).
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para la vida útil del equipo.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos en la implantación del TPM (ingeniería y diseño, producción y mantenimiento).
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la dirección hasta los trabajadores de talleres.
- Promover el TPM a través de la gestión de la motivación: actividades autónomas en pequeños grupos.

El TPM tiene el objetivo de cero averías y defectos cero. Cuando las averías y los defectos se eliminan, mejora el índice operativo del equipo, se reducen los costes,

se pueden minimizar los inventarios y, como consecuencia, aumenta la productividad de la mano de obra.

Normalmente se requieren tres años desde la introducción del TPM hasta que se obtienen resultados óptimos. Además, en las primeras fases la compañía debe soportar los gastos adicionales de equipos y formación de personal.

2.14.2 RCM (Reliability Centered Maintenance)

El método RCM, o mantenimiento centrado en la fiabilidad, es un método de amplia utilización que permite determinar convenientemente las necesidades de mantenimiento de cualquier tipo de activo físico en su entorno de operación. También se ha definido como un método que identifica las funciones de un sistema, la forma en que esas funciones pueden fallar, y que establece a priori tareas de mantenimiento preventivo aplicables y efectivas, basadas siempre en consideraciones que tienen que ver con la seguridad y la economía del sistema.

La utilización del RCM ha aumentado recientemente, siendo por lo general el método elegido para el diseño del mantenimiento en casos en que la fiabilidad de los sistemas es importante para la seguridad de las personas y las cosas; también por consideraciones medioambientales, o simplemente cuando es necesario mantener una determinada instalación funcionando a su capacidad máxima de manera continua. El coste de la aplicación del método de forma completa y detallada en una instalación puede ser elevado. Sin embargo, se puede aplicar de una manera limitada, consiguiendo unos resultados que permitan hacer un uso muy eficiente de los recursos de mantenimiento a cambio de unos costos reducidos del uso del método.

El RCM genera un programa de mantenimiento preventivo cuya implantación permitirá:

- Detectar los fallos de forma suficientemente temprana, para que de esta forma puedan ser subsanados rápidamente y con las mínimas interrupciones del funcionamiento del sistema.

- Eliminar las causas de algunos fallos antes de que tengan lugar.
- Eliminar las causas de algunos fallos mediante cambios en el diseño.
- Identificar aquellos fallos que no llevan aparejadas mermas en la seguridad del sistema. (Rodríguez, 2014)

2.15 Niveles de mantenimiento

Se plantean cuatro niveles o categorías al jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento.



Imagen 2.9 Niveles de mantenimiento

Fuente: (Gutiérrez, 2009)

Nivel 1 – Instrumental (funciones y acciones): El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos para que exista mantenimiento en la empresa; procura el manejo sistémico de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre personas, recursos productivos y máquinas. A este grupo pertenecen todos los registros, documentos, historia, información, codificación, entre otros; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de AOD y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de mantenimiento. En este nivel clasifican

instrumentos más avanzados como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., y herramientas avanzadas específicas y de orden técnico, como análisis de fallas, manejos de inventarios, pronósticos, etc.

El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, e incluye: información, máquinas, herramientas, repuestos, utensilios, materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, inversiones, inventarios, refacciones, modificaciones, trabajadores, personas, entrenamiento y capacitación de funcionarios, entre otros.

Dentro de esta categoría se pueden encontrar diferentes niveles en cuanto a instrumentos: básicos, avanzados genéricos y específicos, como también específicos en orden técnico. En general, se abarcan todos los elementos físicos e intangibles que requieren las personas para realizar las acciones concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas.

El nivel instrumental abarca todos los elementos requeridos para que exista mantenimiento en las empresas; procura el manejo sistémico de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento, en cuanto a las relaciones entre personas, recursos productivos y máquinas. El nivel operacional comprende todas las posibles acciones por realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y los deseos de los demandantes. El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico; es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan para alcanzar un fin al seguir las normas y reglas establecidas para ello.

Nivel 2 – Operacional (acciones mentales): El nivel operacional comprende todas las posibles acciones por realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y los deseos de los demandantes. Las acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.

Nivel 3 – Táctico (conjunto de acciones reales): El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos); es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan para alcanzar un fin al seguir las normas y reglas establecidas para ello. En este nivel aparecen el TPM, el RCM, el TPM y el RCM combinados, PMO, reactiva, proactiva, clase mundial, RMC Scorecard, entre otros.

Nivel 4 – Estratégico (conjunto de funciones y acciones mentales): El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan para evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica establecer índice, rendimientos e indicadores que permiten medir el caso particular con otros de diferentes industrias locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el estado de éxito propuesto y deseado. Se alcanza mediante el LCC, el CMD, los costos, la terotecnología, etcétera. (Gutiérrez, 2009)

2.16 Calidad y mantenimiento

El mantenimiento tiene relación directa con la calidad. Un equipo que cuenta con un buen mantenimiento produce menos desperdicios que aquel equipo que no cuenta con mantenimiento o que es deficiente.

El mantenimiento puede contribuir de manera significativa a mantener y mejorar la calidad de los productos; por ejemplo, la capacidad de una máquina que se encuentra en su mejor condición puede producir más del 99% de piezas dentro de las tolerancias aceptadas. Después de que un tiempo la máquina ha estado en servicio y que ya ha presentado desgaste, y presentará vibraciones y comenzará a hacer ruidos. La distribución de las características de la calidad de la calidad presentará mayor variación y producirá mayor cantidad de piezas que se encuentran fuera de especificaciones. En términos generales, un proceso que se encuentra fuera de control genera productos defectuosos, y como consecuencia, aumentan los costos de producción, y esto refleja una menor rentabilidad.

Un informe mensual sobre el porcentaje de trabajos repetidos y rechazados de productos, puede ayudar a identificar cuáles máquinas requieren que se realice una investigación para determinar las causas de problemas de calidad. Una vez que se investigan las máquinas, se tomará una medida de acción correctiva para remediar el problema. La medida puede dar por resultado una modificación de la política actual de mantenimiento y de la capacitación de la fuerza de trabajo de un oficio particular.

2.17 El mantenimiento y la norma ISO 9000

Las normas ISO buscan describir los elementos básicos, por medio de los cuales los sistemas de aseguramiento de la calidad pueden ser implementados. Son normas de referencia, no teniendo carácter obligatorio o legal, a no ser que así lo exija una determinada relación de compra y venta.

A partir de la revisión hecha en 1994, la norma ISO 9000 incluye un requisito referente al mantenimiento, que habla de proporcionar al equipo el mantenimiento adecuado para garantizar la capacidad continua del proceso.

2.18 Estrategias de mantenimiento industrial

La estrategia de mantenimiento de una industria identifica cómo la industria se enfrenta a la necesidad de mantenimiento inevitablemente asociada a la actividad productiva.

Dependiendo de los tipos de tareas involucradas en el programa de mantenimiento se pueden distinguir cuatro diferentes estrategias:

- **Estrategias básicas:** Son estrategias que involucran exclusivamente operaciones de mantenimiento ante fallo y de mantenimiento correctivo. Son poco eficientes ya que no buscan reducir los costes de mantenimiento ni maximizar la productividad. Suelen estar implantadas en industrias pequeñas y poco evolucionadas o, a veces, en industrias que están inmersas en un

mercado en profunda crisis y que persiguen sobrevivir más que producir de manera eficiente.

- **Estrategias moderadamente intensivas:** Son estrategias basadas en operaciones de mantenimiento correctivo y preventivo, con una evolución intermedia de este último. Estas estrategias poseen un programa de mantenimiento modesto, lo que implica que la recolección de información está poco sistematizada, los programas y las rutas de mantenimiento están poco elaborados y la periodicidad de sustitución de componentes no ha sido optimizada y está sujeta a una evolución continua.
- **Estrategias intensivas:** Cuentan con todos los tipos de operaciones de mantenimiento. Las máquinas poco críticas suelen llevar asociadas operaciones de mantenimiento correctivo en mayor medida y mantenimiento preventivo en menor medida. Sobre las máquinas esenciales suelen realizarse operaciones de mantenimiento preventivo fundamentalmente; mientras que en las máquinas críticas suele realizarse un seguimiento de la condición de funcionamiento mediante técnicas de mantenimiento predictivo.

Además, el programa de mantenimiento suele estar optimizado y sometido a una evolución continua. Se han estudiado las rutas de trabajo, se recoge sistemáticamente la información, se gestiona la interpretación de la misma mediante programas informáticos y se evolucionan continuamente los períodos de mantenimiento preventivo.

- **Estrategias integrales:** En la actualidad, una gran parte de estas estrategias se basan en la filosofía de producción y mantenimiento industrial ideada en 1988 denominada mantenimiento productivo total (*Total Productive Maintenance* o TPM). (Marín, González, Bru, & Cervantes, 2006)

2.19 Análisis de criticidad

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, se deben destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Existen algunos niveles para distinguir la importancia o criticidad.

- **Equipos críticos:** Son aquellos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- **Equipos importantes:** Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son menores.
- **Equipos prescindibles:** Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional que es fácil de asumir.

También hay algunos criterios a utilizar para clasificar cada uno de los equipos en algunas de las categorías anteriormente descritas.

- **Producción:** Dependiendo de que la influencia del equipo suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos per con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, los equipos se clasificarán como A, B o C.
- **Calidad:** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- **Mantenimiento:** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien, puede ser un equipo con un coste medio en

mantenimiento; o por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

- **Seguridad y medio ambiente:** Un fallo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en la seguridad. (Garrido, 2003)

2.20 Las seis grandes pérdidas de los equipos de producción

Los principales factores que impiden lograr maximizar la eficiencia global de un equipo se han clasificado en seis grandes grupos y son conocidos como las seis grandes pérdidas. Están agrupadas en tres categorías tomando en consideración el tipo de mermas que pueden representar en el rendimiento de un sistema productivo, con intervención directa o indirecta de los equipos de producción. (Arbós, 2012)

En la imagen se muestran las pérdidas y los efectos provocados.



Imagen 2.10 Seis pérdidas de los equipos de producción

Fuente: (Arbós, 2012)

2.21 Mantenimiento centrado en la fiabilidad

Es una de las técnicas organizativas más actuales para aplicar en mantenimiento y mejorar significativamente sus resultados con las siguientes premisas.

- Analizar con una metodología rigurosa y auditable cada tipo de fallo o avería de la forma más estricta y profunda, estudiando el modo y forma en que se producen dichos fallos y como éstos se traducen en costes y repercusiones.
- La productividad global del departamento de mantenimiento debe mejorarse mediante una forma de trabajo más avanzada, proactiva y planificada... y no haciendo mantenimientos inútiles.
- Se debe contar con el apoyo activo y cooperación del personal de mantenimiento, el de operación o producción, el personal técnico o de ingeniería y el administrativo. (Fernández, 2005)

2.22 Servicios de prevención

Los servicios de prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en lo referente a:

- El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- La evaluación de los factores de riesgo que puedan afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores en los términos previstos en la ley.
- La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- La información y formación de los trabajadores.
- La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.

- La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- Los procedimientos de información y documentación que se señalan en la ley.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.
- Cualquier otra acción que pueda tener efectos sustanciales sobre la seguridad y la salud de los trabajadores.

En las empresas que cuenten con representantes de los trabajadores, las consultas se llevarán a cabo con dichos representantes. (Bona)

Capítulo 3

Planteamiento del problema

3.1. Identificación.

Desde su apertura en el año 1995, en la empresa “Carto-empaques del Centro S.A. de C.V.” no se ha contado con un programa de mantenimiento, por lo que nada de lo que se hace en este departamento tiene organización, esto ha provocado que la mayor parte del tiempo se le dé mantenimiento a las máquinas cuando presentan una falla (mantenimiento correctivo), y que el mantenimiento preventivo que ocasionalmente se llega a realizar al equipo no se programa.

3.2. Justificación.

La demanda de cajas de cartón siempre se ha mantenido estable, ya que éstas se utilizan como embalaje de una infinidad de productos, por lo que esta empresa se mantiene en funcionamiento la mayor parte del tiempo y, por lo tanto, la maquinaria disponible se encuentra en constante uso, siendo muy poco el tiempo que las máquinas se detienen.

Debido a que la maquinaria se encuentra en constante uso y al no tener una organización adecuada del mantenimiento, es difícil poder darles mantenimiento preventivo, además de que, al no contar con este tipo de organización, las máquinas presentan fallas regularmente, lo que genera pérdidas ya que parte del producto se daña, además de los costos generados por pérdida de tiempo y por reparar la máquina y las refacciones que se necesitan para poder realizar la reparación que se requiere.

Al no contar con un programa que indique cuándo y qué actividades de mantenimiento se deben realizar, ha provocado complicaciones en el

crecimiento de la empresa, pues al presentarse una falla se detiene la producción hasta que esta sea reparada.

Con la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo se espera poder mejorar la organización que hay en el departamento de mantenimiento para que ayude a reducir costos y maximizar la producción, además de que ayudará a prolongar la vida útil de los equipos para que se pueda cumplir con la producción requerida.

3.3. Alcance.

Con el mantenimiento preventivo se busca lograr un mejor desempeño de la maquinaria y personal de la planta; garantizando la disponibilidad y confiabilidad planeada de las funciones, satisfaciendo todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa, maximizar el beneficio global, mejora parcial de la confiabilidad del equipo, así como disminuir los paros no planeados.

El departamento de mantenimiento, a pesar de ser un área aparte, tiene mucha repercusión en el área de producción, pues lo que este departamento busca es que la producción nunca se detenga y se realice de la mejor manera posible; por lo tanto, el alcance de este programa no está cerrado solo al área de mantenimiento, sino que este se aplica al equipo perteneciente al área de producción, por lo que a través del programa de mantenimiento se buscará darle un seguimiento a las actividades que son de vital importancia para garantizar el buen funcionamiento y la confiabilidad de los equipos disponibles.

Para esta empresa, es muy importante contar con un buen programa de mantenimiento preventivo para mantenerse siempre trabajando de la mejor manera para así, poder garantizar que el producto que entregarán cumple con la calidad y los estándares establecidos por el cliente, ya que

últimamente han presentado muchos problemas en la línea de producción y es urgente tomar acciones sobre este asunto.

Además, se cuidará de que el programa se cumpla, ya que se podrán marcar todas y cada una de las actividades que se han realizado en dicho programa, esto para asegurar que se está llevando a cabo de manera correcta y, que no se pasará por alto ninguna actividad establecida.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivos generales.

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, para lograr un óptimo funcionamiento de la maquinaria disponible, en la empresa “Carto-empaques del Centro S.A. de C.V.” de Yuriria, Gto.

4.2. Objetivos específicos.

- Conocer el proceso y maquinaria de la empresa
- Analizar la situación actual del departamento de mantenimiento
- Diseñar formatos de control para evaluar constantemente el desempeño de las máquinas
- Desarrollar un plan de control y seguimiento del mantenimiento preventivo y correctivo
- Administrar de forma controlada el almacén de refacciones
- Implementación y validación del programa de mantenimiento preventivo

Capítulo 5

Metodología

5.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Carto-empaques del Centro S.A. de C.V. es una de las empresas más importantes de la región Yuriria-Uriangato-Moroleón pertenecientes al giro industrial, que se dedica a la producción y fabricación de empaques y embalajes de cartón de todo tipo, como, por ejemplo, cajas pequeñas para medicamentos, jabones, cajas para pizza y otros alimentos, entre otros.

Para poder fabricar el cartón, la empresa cuenta con dos líneas de producción, estas líneas son corrugado e impresión. La línea de corrugado es donde se realizan las hojas de cartón, y se le da la medida a la hoja, dependiendo del tamaño que tendrá la caja. La siguiente línea es de impresión, en la que se imprime lo que debe llevar cada caja, como el nombre de la empresa, el contenido, número de lote, entre otros; pero esto no es lo único que se hace en la línea de impresión, también se corta el cartón y se hacen las formas de los dobleces, según el tipo de caja; también se pega o se engrapa, dependiendo del pedido del cliente.

A continuación, se muestra una tabla en la que se han colocado las máquinas que conforman las líneas del proceso.

LÍNEA DE CORRUGADO						
MÁQUINA	FABRICANTE	MODELO	TIPO DE SISTEMA			
			NEUMÁTICO	HIDRÁULICO	MECÁNICO	ELÉCTRICO
CORRUGADORA PRIMER MODULO	WANLIAN	SFK25A-2200	X	X		X
CORRUGADORA SEGUNDO MODULO	LANGSTON	XD	X	X		X
DOBLE ENGOMADOR	WANLIAN	GU205-2000		X		X
SLITTER	WANLIAN	ZCAI-2200	X			X
GUILLOTINA	WANLIAN	HC25D-2200	X	X		X
STACKER 1	LANGSTON	AS30				X

STACKER 2	LANGSTON	AS30				X
COMPACTADORA CHICA	SIVETT	PX-2050		X		X
COMPACTADORA GRANDE	SIVETT	PX-2150		X		X
CALDERA 1	CLEAVER BROOKS	CB720-200	X			X
CALDERA 2	CLEAVER BROOKS	CB700-200	X			X
LÍNEA DE IMPRESIÓN						
MÁQUINA	FABRICANTE	MODELO	TIPO DE SISTEMA			
			NEUMÁTICO	HIDRÁULICO	MECÁNICO	ELÉCTRICO
IMPRESORA INOVA	SRPACK	INOVA 1228	X			X
IMPRESORA FLEXO	SRPACK	AFPS-920X2100	X			X
ENGRAPADORA GODSWILL	GODSWILL	GTH-3000DS	X	X	X	X
ENGRAPADORA BOSTITCH CHICA	BOSTITCH, INC	485E	X	X		X
ENGRAPADORA BOSTITCH GRANDE	BOSTITCH, INC	950H	X	X		X
PEGADORA ROBUSPACK	ROBUSPACK	JHX-2800	X		X	X
PEGADORA 1	-	-	X		X	X
TROQUELADORA HAIDAO	ROBUSPACK	WPM-1680	X		X	X
TROQUELADORA MIEHLE	THE MIEHLE PP&MFG. CO.	-	X		X	X
RAYADORA	-	-	X			X
IMPRESORA GREENWOOD	GREENWOOD	ENG	X			X

Tabla 5.1 Equipo de la empresa Carto-empaques del Centro S.A. de C.V.

Fuente: propia

Esta fábrica se encuentra ubicada en la salida de la ciudad de Yuriria, a pie de carretera, dicha ubicación es favorable, puesto que dicha fábrica es bastante grande para estar dentro de una ciudad pequeña; además que esta ubicación permite la entrada y salida de camiones grandes que transportan las cajas de cartón a los clientes, o que transportan la materia prima o las refacciones de las máquinas para el departamento de mantenimiento.

El tamaño de la empresa es otro aspecto muy importante, ya que según el tamaño de esta nos dará una idea de que tan importante y exigente puede llegar a ser la tarea del departamento de mantenimiento, ya que, si se presenta una falla, afectará a más personas involucradas en el proceso y, por lo tanto, los costos serán mayores. El tamaño de la empresa se calcula por el número de operadores; a continuación, en la tabla 5.2 se muestra cómo se clasifican las empresas según su tamaño.

Clasificación de empresas en México por tamaño			
Tamaño/Sector	Industria	Comercio	Servicios
Micro	1 a 10	1 a 10	1 a 10
Pequeña	11 a 50	11 a 30	11 a 50
Mediana	51 a 250	31 a 100	51 a 100
Grande	251 o más	101 o más	101 o más

Tabla 5.2 Clasificación de empresas

Fuente: Ley para la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa

Carto-empaques del Centro S.A. de C.V. se clasifica dentro del sector industrial y cuenta con un total de 100 empleados, por lo tanto, es considerada una empresa mediana.

5.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Este departamento cuenta con cinco trabajadores, todos exclusivamente pertenecen a esta área: el jefe del departamento de mantenimiento, dos auxiliares y dos ayudantes.

El departamento no cuenta con un programa con el cual organizar y monitorear el mantenimiento otorgado a los equipos, por lo que la mayor parte del tiempo su función es hacer mantenimiento correctivo, y solo en algunas ocasiones se realiza mantenimiento preventivo, pero este último no tiene organización.

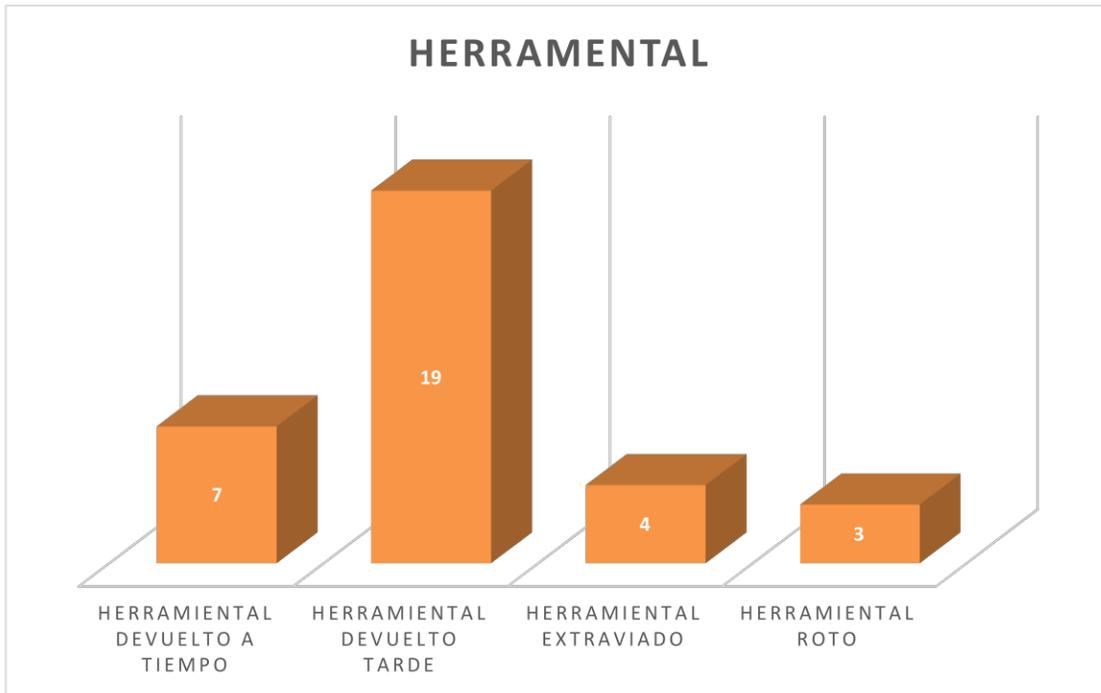
Otra situación que se presenta con regularidad es el extravío de herramientas, esto se debe a que en ocasiones los operadores piden herramientas prestadas a este departamento y no las regresan, y al no llevar un registro de qué herramientas se prestan y a quién, en la mayor parte de los casos ese herramental es devuelto tarde y en algunas otras ocasiones no se llega a recuperar y, cuando un equipo llega a fallar y no se cuenta con el equipo necesario se generan retrasos, además de generar costos adicionales para poder comprar nuevas herramientas.

La organización dentro de este departamento está bien hecha, ya que tiene asignada una oficina, en la que han separado y clasificado lo necesario para poder cumplir con el trabajo, han separado las refacciones mecánicas de los componentes eléctricos, además de que las refacciones mecánicas están clasificadas por cada tipo de máquina, al igual que los componentes eléctricos; todo esto se ha separado del herramental y de los lubricantes y aceites, los cuales también tienen asignados su lugar.

5.3 ELABORACIÓN DE VALES DE HERRAMIENTAS

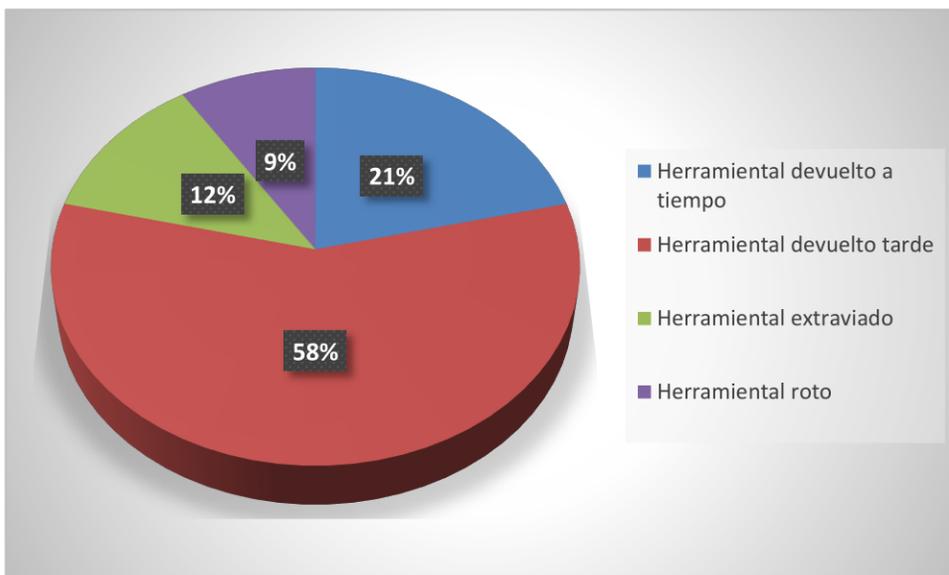
Como ya se mencionó en el capítulo 5.2, este departamento ha presentado problemas con el préstamo de herramientas, así que con el fin de dar una solución a este problema, se contabilizaron las veces que se pedían las herramientas prestadas durante los meses de enero y febrero, arrojando como resultado un total de 33 herramientas prestadas durante este lapso de tiempo, y se iban clasificando según lo que resultara finalmente con la herramienta, dando como resultado cuatro clasificaciones: herramental devuelto a tiempo, herramental devuelto tarde, herramental extraviado y herramental roto.

En la gráfica 5.1 se muestra esta clasificación.



Gráfica 5.1 Problemas con el herramental

Fuente: propia



Gráfica 5.2 Porcentaje de problemas con el herramental

Fuente: propia

La finalidad de contabilizar estos datos era encontrar la principal causa de extravío del herramental, siendo la más común que las regresen tarde, también hay algunas que se devuelven a tiempo y otras ya no se recuperan, además de encontrar una nueva causa, esta es que las herramientas se han roto estando en préstamo, y cuando esto sucede, no se han hecho responsables quienes cometen este desperfecto.

La solución que se propone para esta problemática es implementar la utilización de un vale, esto con la finalidad de monitorear y controlar quién solicita una herramienta prestada y dar una fecha límite para poder tener las herramientas disponibles para cuando se lleguen a ocupar y, si esta se extravía o se rompe, hacer responsable a quien la haya solicitado.

A continuación, se muestra cómo es el vale.

	VALE HERRAMIENTA
Fecha:	Área:
Fecha límite de entrega:	
Pieza(s):	Herramienta(s):
Turno:	Solicitante:

Imagen 5.1 Vale de herramientas

Fuente: propia

En el deberán colocar quien lo solicita y en qué máquina se requiere, además podrá llevarse un máximo de cinco herramientas y se tendrá una fecha límite para devolver dicha herramienta, que se ha decidido sea en un máximo de tres días, en caso contrario, se pasará un reporte al departamento de recursos humanos de que la herramienta no ha sido devuelta, así que se llamará al operador para saber qué ha pasado con la herramienta y, si se ha perdido o se ha roto, se llegará a un acuerdo de si el operario debe pagarla o se le será descontado de su sueldo.

Con la implementación de este vale se espera que la pérdida de herramientas disminuya y se tenga un mayor control de lo que se tiene disponible en la oficina de mantenimiento.

5.4 ORDEN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Una parte importante del buen manejo del mantenimiento, es tener un buen control del mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Si bien, el mantenimiento preventivo trata de reducir el mantenimiento correctivo, es importante tener en cuenta que los errores pueden presentarse aun cuando las actividades han sido cumplidas, y se necesita tener un registro adecuado de ello, así que, para poder tener un control del mantenimiento correctivo, se utilizará un formato que los operadores deberán presentar en la oficina de mantenimiento cuando un problema se presente.

En dicho formato deberán colocar cuál es la máquina que requiere intervención del personal de mantenimiento, el área en que se encuentra la máquina, el turno en el que se presentó la falla y la hora en que apareció el desperfecto, una descripción breve de la falla, además de la fecha y la firma del solicitante, el resto lo llenará el personal de mantenimiento, este formato también deberá contar con la firma de autorización del encargado del departamento de mantenimiento.

A continuación, se muestra cómo es este formato.

			
SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
FECHA DE EMISIÓN		CÓDIGO	No. FOLIO
MÁQUINA Y/O EQUIPO	ÁREA	TURNO	HORA
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA (LLENAR POR EL SOLICITANTE)			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	No. DE SERIE	OBSERVACIONES	
SOLICITANTE		SUP. DE MANTENIMIENTO	

Imagen 5.2 Solicitud de mantenimiento correctivo

Fuente: propia

Estos formatos se guardarán durante un mes en una carpeta, y al final de cada mes se revisarán y se analizará cuál fue la máquina que presentó más problemas durante este período de tiempo, y se decidirá qué acción tomar para solucionar esta problemática.

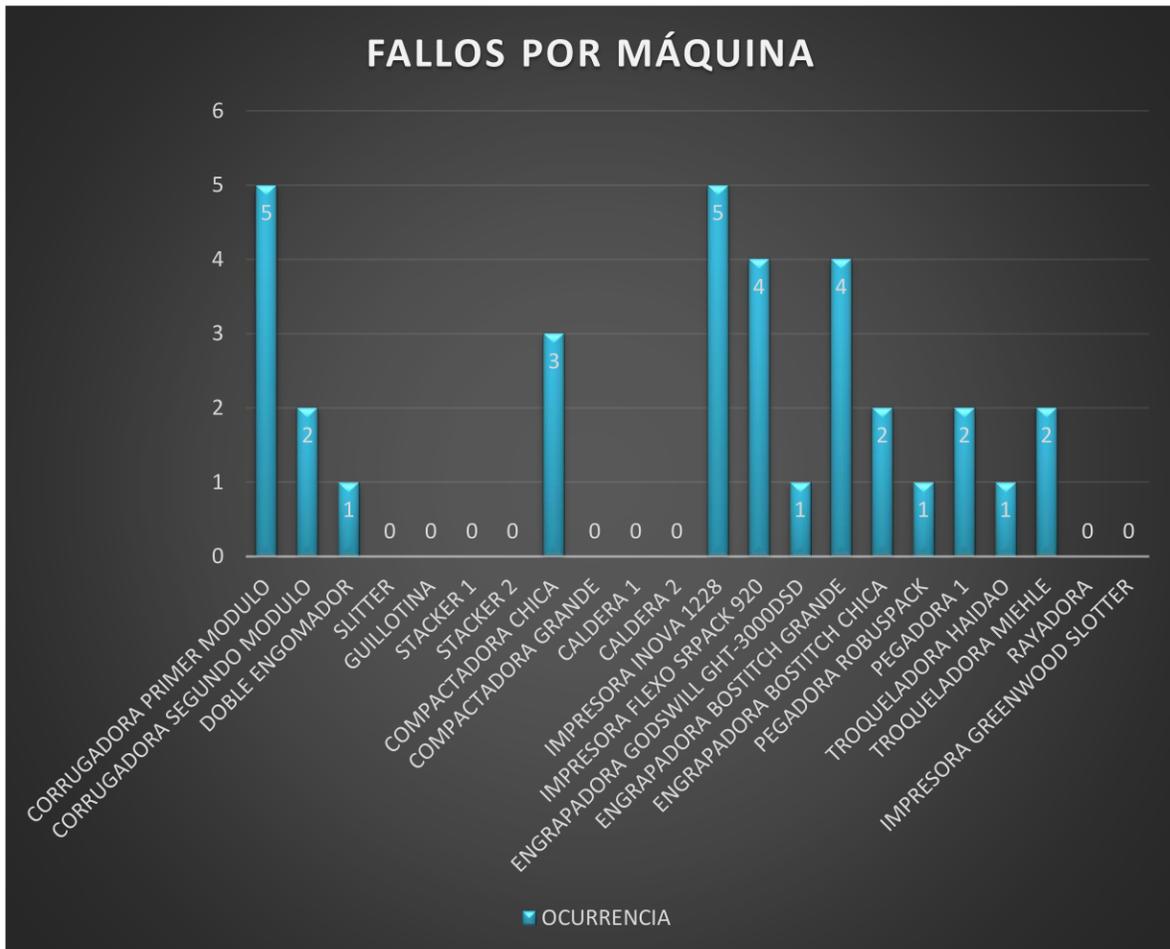
5.5 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Para poder llevar un control del mantenimiento que se realizaba en los equipos se realizaron reportes semanales, en los que se describía el tipo de problema que se había presentado en la máquina y la solución que se le dio a dicho problema.

Estos reportes fueron realizados con el propósito de monitorear el mantenimiento y contar con un historial de las fallas que se presentan en la línea de producción, además de poder contabilizar las fallas y así poder identificar cuál es la máquina que presenta más problemas y, a su vez, en cuál de las dos líneas de producción es donde se presentan más problemas.

Dichos reportes se realizaron en el transcurso de los meses de enero y febrero en un horario de 8 A.M. a 2 P.M. Cabe aclarar, que, aunque en los reportes se especificaron las fallas que se presentaron (ya que para cada máquina es importante identificar los problemas que se pueden presentar), para este registro no se tomaron en cuenta los tipos de fallas que estas presentaron, ya que, al ser máquinas diferentes, cada una presentará problemas diferentes, que son propios de cada tipo de máquina.

A continuación, se muestra una gráfica en la que se contabilizaron los problemas por máquina.



Gráfica 5.3 Fallos por máquina

Fuente: propia

Como se puede observar en la gráfica 5.3, son dos las máquinas que presentan más problemas, estas máquinas son el primer módulo de la máquina corrugadora y la impresora INOVA 1228, con cinco fallos cada una durante los dos meses que se registraron los fallos.

A continuación, se muestra una gráfica de la cantidad de fallas que se presentaron por línea.

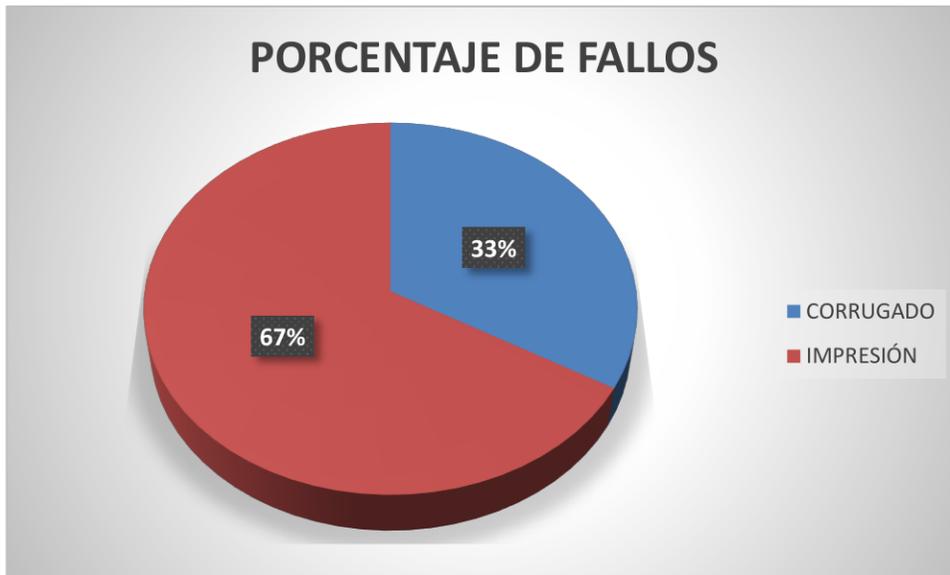


Gráfica 5.4 Fallos por línea

Fuente: propia

En la gráfica 5.4 se muestra los fallos que se presentaron por línea, en la que se ve claramente que se presentan muchos más problemas en la línea de impresión, con 22 problemas, mientras que la línea de corrugado solo presentó 11, una diferencia bastante significativa.

Al ser la línea de impresión la que presenta mayor cantidad de problemas, se ha decidido que ésta será la línea en la que se comenzará a dar mantenimiento en la planta.



Gráfica 5.5 Porcentaje de fallos

Fuente: propia

Como la línea de impresión representa el 67% de los problemas, que es un porcentaje significativamente mayor al de la línea de corrugado, será por la línea de impresión que se debe comenzar el recorrido de mantenimiento preventivo de la planta de la empresa.

5.6 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad de las máquinas disponibles en la empresa se ha realizado en base a tres criterios que son considerados más importantes para la empresa: producción, calidad y mantenimiento. Asimismo, se han determinado los criterios para este análisis, donde A significa "equipo crítico", B significa "equipo importante", y C significa "equipo prescindible".

A continuación, se muestra cómo se ha realizado este análisis.

EQUIPO	NIVEL DE CRITICIDAD		
	PRODUCCIÓN	CALIDAD	MANTENIMIENTO
CORRUGADORA PRIMER MODULO	A	A	A
CORRUGADORA SEGUNDO MODULO	B	B	B
DOBLE ENGOMADOR	B	B	B
SLITTER	B	B	B
GUILLOTINA	B	A	B
STACKER 1	C	C	C
STACKER 2	C	C	C
COMPACTADORA CHICA	C	C	C
COMPACTADORA GRANDE	C	C	C
CALDERA 1	B	B	B
CALDERA 2	B	B	B
IMPRESORA INOVA	A	A	A
IMPRESORA FLEXO	B	A	A

ENGRAPADORA GODSWILL	C	C	C
ENGRAPADORA BOSTITCH CHICA	B	B	B
ENGRAPADORA BOSTITCH GRANDE	B	A	A
PEGADORA ROBUSPACK	B	B	B
PEGADORA 1	B	B	B
TROQUELADORA HAIDAO	B	B	B
TROQUELADORA MIEHLE	C	C	B
RAYADORA	C	C	C
IMPRESORA GREENWOOD	C	C	C

Tabla 5.3 Nivel de criticidad

Fuente: propia

Como ya se dijo en el capítulo 2.19, los equipos marcados con A representan un asunto más crítico y más urgente de darle una solución, y es diferente dependiendo del criterio que se utilice para clasificar, siendo los siguientes los equipos que mostraron un nivel de criticidad mayor: el primer módulo de la corrugadora, las impresoras INOVA y FLEXO, y la engrapadora bostitch grande.

Estos son los equipos que más impacto tienen en la calidad del producto, el nivel de producción y más intervenciones de mantenimiento, por lo que habrá un enfoque mayor en estos equipos para garantizar que la producción pueda salir a tiempo con calidad y sin tantas intervenciones de mantenimiento.

5.7 DETERMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Cada uno de los equipos que forman parte de la empresa necesitan que se le realicen actividades de mantenimiento específicas, aunque hay algunas actividades que se pueden realizar de manera general a la mayoría de los equipos, hay algunas tareas determinadas para cada una. Junto con el equipo de mantenimiento, se han decidido cuáles son estas actividades que las máquinas necesitan para funcionar de manera óptima, a continuación, se enlistan estas actividades.

CORRUGADORA PRIMER Y SEGUNDO MÓDULO

- Revisión de sistema neumático
- Revisión de sistema hidráulico
- Apriete de terminales
- Calibración de rodillos engomadores
- Revisión de portarrollos
- Revisión de mangueras y tuberías de vapor
- Revisión de aceite de reductores
- Checar bandas de freno "puente", cambiar si se requiere
- Checar niveles de aceite hidráulico
- Checar transmisión de máquinas
- Checar mecanismo de precalentadores
- Lubricación general
- Revisión de controles de velocidad
- Revisión de juntas rotativas

DOBLE ENGOMADOR

- Lubricación general
- Revisión del sistema neumático
- Revisión de nivel de aceite
- Revisión de control de velocidad
- Revisión de bandas en general
- Limpieza de motor principal
- Limpieza de tablero eléctrico
- Apriete de terminales eléctricas
- Alineación de brazos

SLITTER

- Revisión de rayadores
- Ajuste de altura de rayadores
- Rellenar depósito de aceite vegetal
- Cambio de felpas de lubricación
- Cambio de cuchillas circulantes y rayadores

GUILLOTINA

- Ajuste de cuchillas
- Cambio de aceite
- Cambio de anticongelante
- Apriete de tornillos del servomotor

STACKER 1 Y 2

- Lubricación de chumaceras
- Lubricación de cadenas
- Ajuste de bandas transportadoras

COMPACTADORA CHICA Y GRANDE

- Revisión del sistema hidráulico

- Revisión de válvula direccional
- Revisión de nivel de aceite
- Revisión de carro
- Revisión de motor y cople
- Limpieza de tablero eléctrico
- Apretar terminales eléctricas

CALDERA 1 Y 2

- Inspeccionar ajuste de tortuga entrada de mono de caldera
- Limpieza de filtros de combustóleo y diésel
- Limpieza de boquilla de automatización
- Limpieza de electrodo de activación de chispa piloto
- Calibración de presión de vapor
- Desmonte del difusor para revisión de compuertas y entradas de aire

IMPRESORA INOVA 1228, FLEXO SRPACK 920 Y GREENWOOD SLOTTER

- Lubricación general
- Checar niveles de aceite
- Revisión de cuchillas
- Checar sufrideras (cambiar, rotar o lijar)
- Referenciar cuchillas si se requiere
- Apriete de terminales eléctricas
- Calibración de escuadras de alimentación
- Calibración de topes del introductor
- Calibrar rodillo introductor
- Calibrar rodillo porta cliché
- Calibración de rodillos doctor y anillox
- Limpieza de gabinetes eléctricos

ENGRAPADORA GODSWILL GHT-3000DSD Y BOSTITCH CHICA

- Lubricación de sistemas mecánicos
- Inspección de unidad de mantenimiento
- Limpieza de tableros electrónicos
- Revisión de niveles de aceite

ENGRAPADORA BOSTITCH GRANDE

- Lubricación de sistemas mecánicos
- Inspección de unidad de mantenimiento
- Limpieza de tableros electrónicos

PEGADORA ROBUSPACK Y 1

- Lubricación general
- Revisión del sistema neumático
- Revisión de nivel de aceite
- Revisión de control de velocidad
- Revisión de bandas en general
- Apriete de terminales eléctricas
- Limpieza del tablero eléctrico
- Limpieza de control principal
- Alineación de brazos

TROQUELADORA HAIDAO Y MIEHLE

- Revisión de niveles de aceite
- Revisión de lubricación en corona principal
- Limpieza de filtro de aceite
- Revisión de compresor

RAYADORA

- Lubricación
- Revisión de bandas

- Nivelación de flechas
- Apretar conexiones eléctricas
- Cambio de cuchillas si se requiere

Se ha decidido también que a los equipos que presentaron mayor nivel de criticidad se les realizarán algunas actividades de mantenimiento adicionales: a los cuatro se les lubricará dos veces por mes, esto para evitar el desgaste prematuro de sus componentes; en el caso de la corrugadora se revisarán y ajustarán los engranes, ya que son parte fundamental para su funcionamiento; para las impresoras se les agregará aceite cada dos semanas para garantizar que los engranes estén lubricados; la engrapadora se sopleteará cada semana y se revisará cada dos semanas la unidad de mantenimiento.

5.8 DETERMINAR LA PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO

Para poder desarrollar un plan de mantenimiento preventivo se debe programar el seguimiento de las actividades y en qué orden se realizarán cada una de ellas, y para ello es necesario apoyarse en un método que ayude a realizar dicha programación.

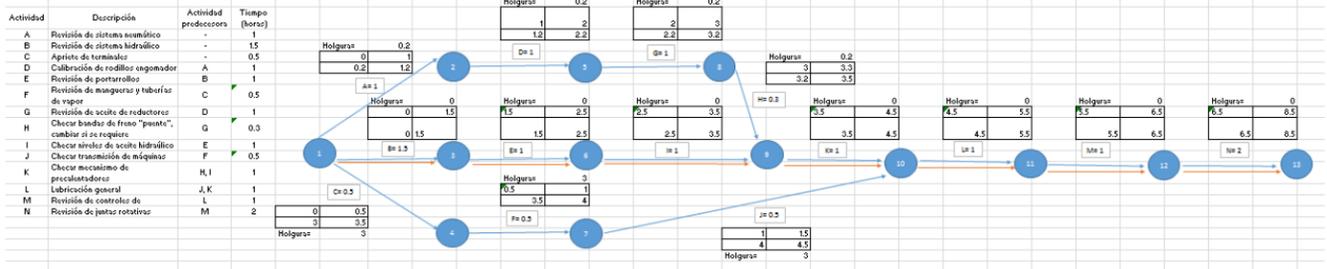
Existen diversos métodos para hacer esta planeación, pero el método que se ha utilizado para este caso es el método CPM (Critical Path Method; Método de la Ruta Crítica).

Para poder utilizar este método fue necesario tomar el tiempo que se demora en realizar cada una de las actividades enlistadas en el capítulo 5.7, ya que este método necesita conocer el tiempo de cada actividad para identificar la ruta crítica, es decir, conocer cuáles son las actividades que deben realizarse primero para no afectar el curso del proceso.

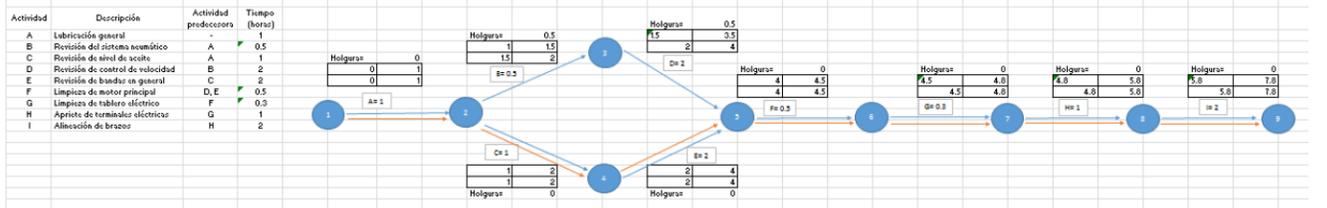
A continuación, se muestran los cálculos que se hicieron para cada máquina.

Capítulo 5. Metodología.

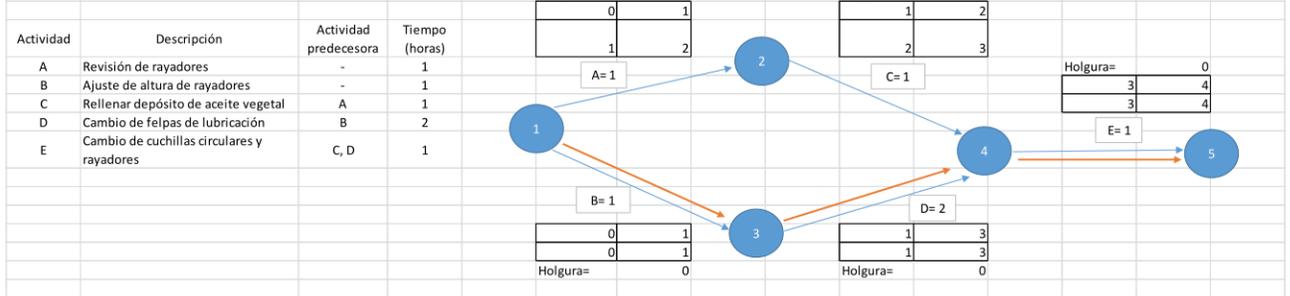
Corrección primer y segundo módulo



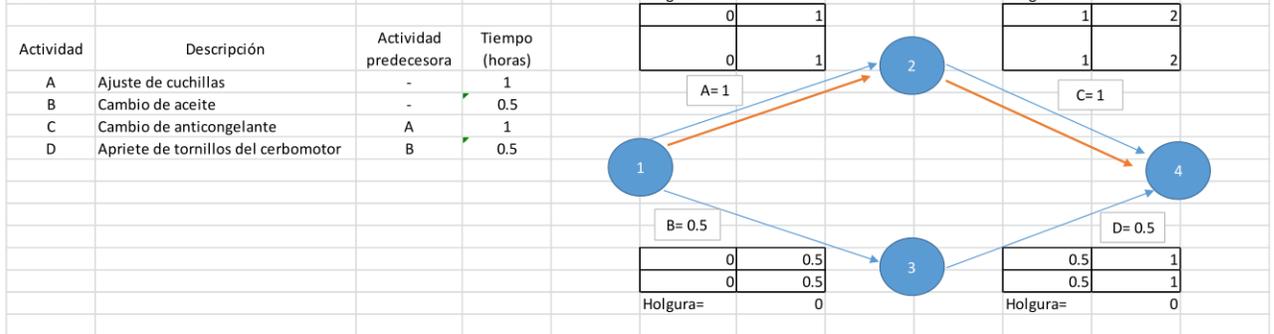
Doble engrasador



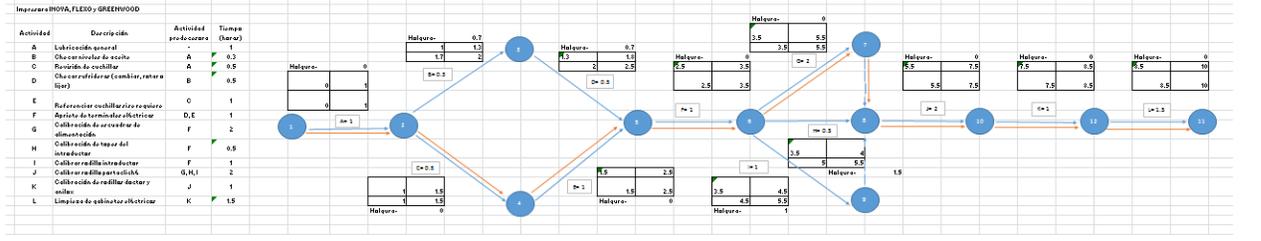
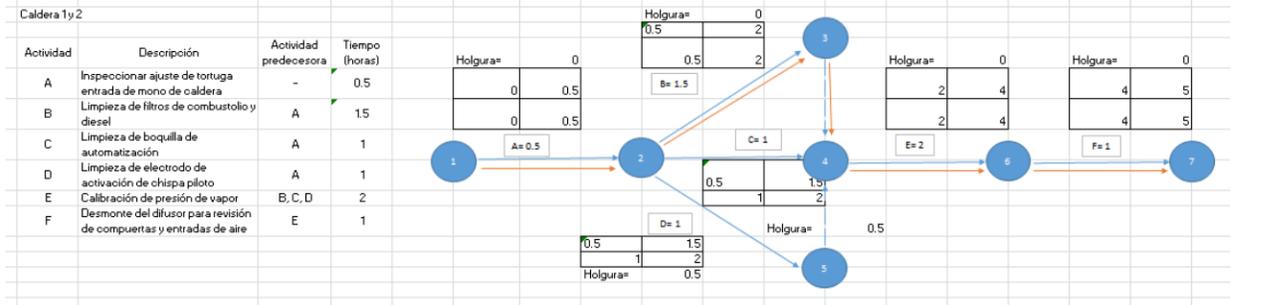
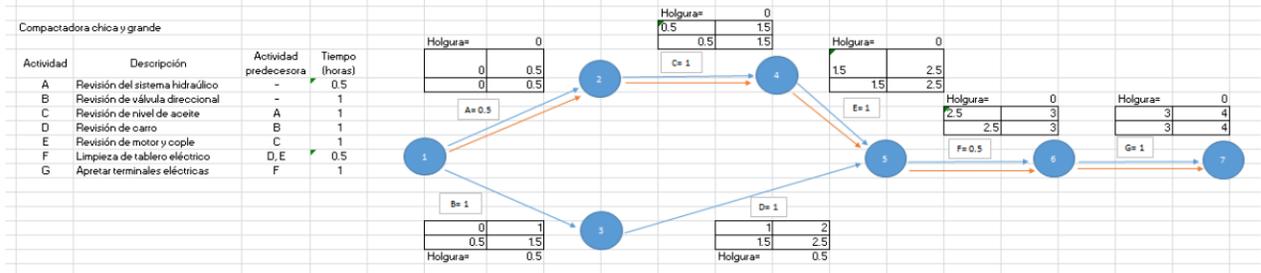
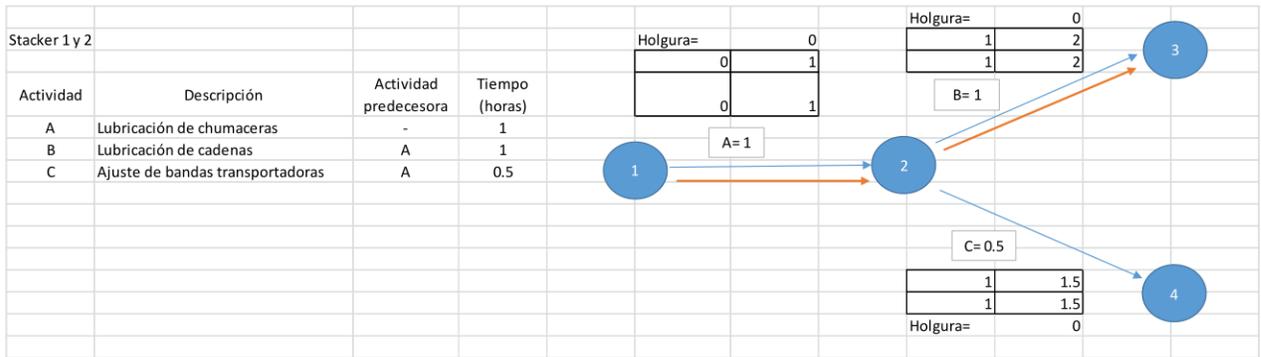
Slitter



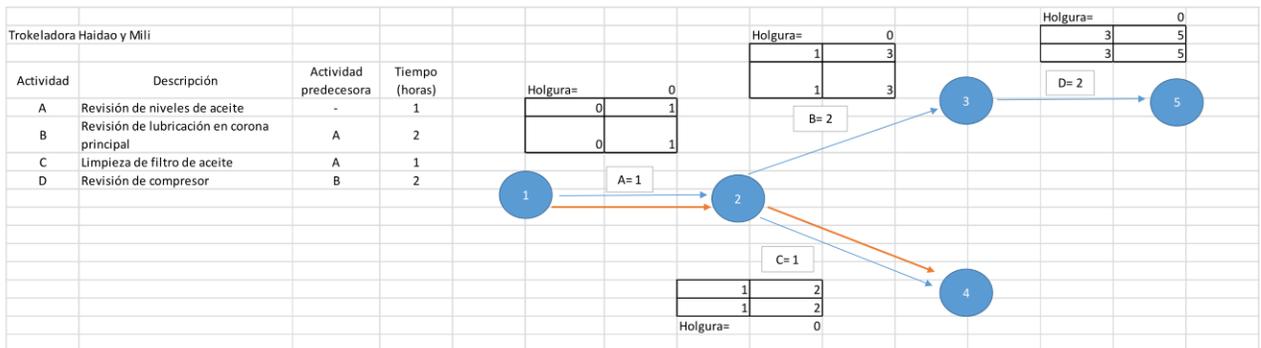
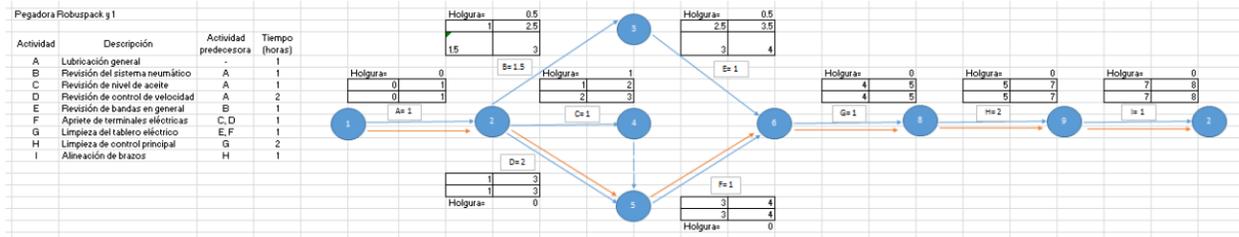
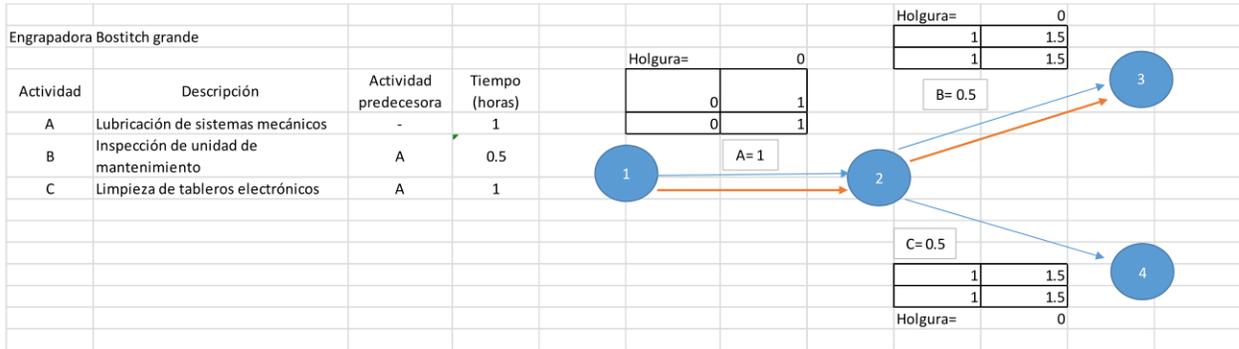
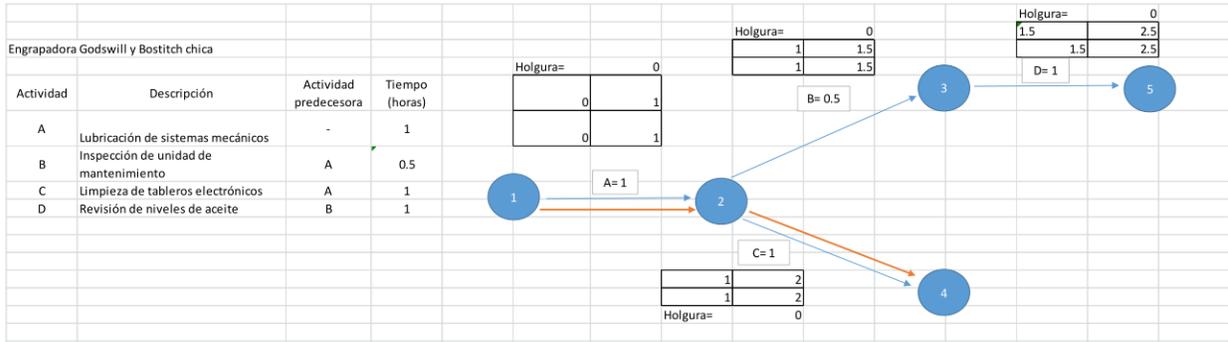
Guillotina

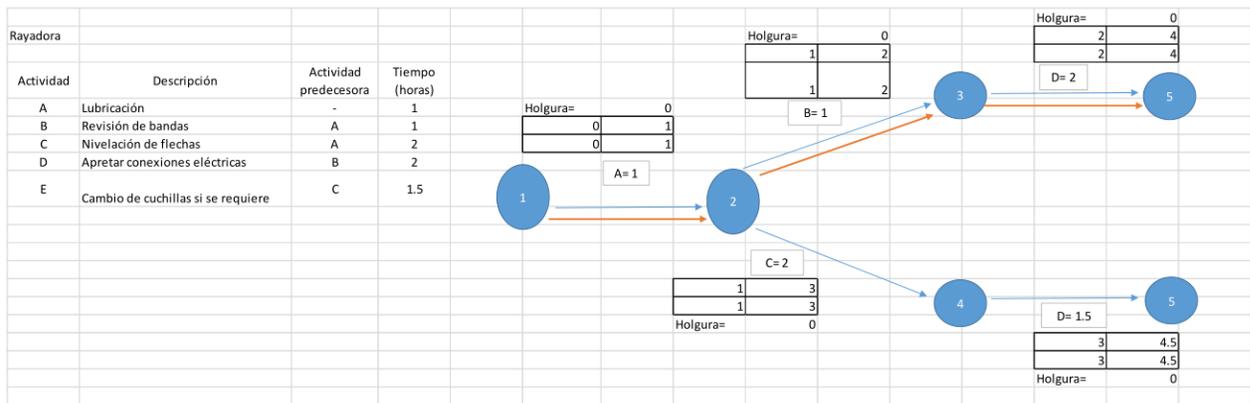


Capítulo 5. Metodología.



Capítulo 5. Metodología.





Imágenes 5.3 a 5.15 Método CPM por máquina

Fuente: propia

Las rutas críticas se han marcado con líneas rojas, lo que muestra las actividades que se deben realizar primero.

5.9 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El programa de mantenimiento fue desarrollado en el software Microsoft Excel, en el que se colocaron las actividades a realizar para cada máquina y se ha dividido por líneas.

Con el apoyo de los trabajadores del departamento de mantenimiento, se ha decidido que este programa se aplicará trimestralmente, es decir, el programa está pensado para poder registrar la planeación y el cumplimiento de las actividades de mantenimiento por un periodo de tres meses, pasados esos tres meses se utilizará un nuevo programa durante otros tres meses, esto se repetirá cada vez que se aplique este programa, esto se hace con el objetivo de evitar que se acumulen excesivamente los registros de realización y cumplimiento de las actividades asignadas y para que al realizar un análisis al final de los tres meses, sea más fácil y menos pesado realizar dicho análisis.

Capítulo 5. Metodología.

Este programa tiene divisiones por cada mes y, a su vez, cada mes está dividido en los días que le corresponde.

Además, este programa se diseñó para que se puedan registrar las fechas que se planean para realizar las actividades, y para registrar las fechas en que se realizaron, ya que, si se llega a presentar alguna otra situación urgente, esto último debería resolverse primero. Pero lo esencial aquí, es que no se deje de registrar lo que se planea y lo que se hace.

A continuación, se muestran imágenes del programa que se ha realizado.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		TRIMESTRE																							
ABRIL-MAYO-JUNIO 2020		ABRIL																							
LINEA	EQUIPO	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
I M P R E S I	ENGRAPADORA BOSTITCH GRANDE	Lubricación de sistemas mecánicos	Planeado																						
		Inspección de unidad de mantenimiento	Realizado																						
		Limpeza de tableros electrónicos	Planeado																						
		Lubricación de sistemas mecánicos	Realizado																						
	ENGRAPADORA BOSTITCH CHICA	Inspección de unidad de mantenimiento	Planeado																						
		Limpeza de tableros electrónicos	Realizado																						
		Revisión de niveles de aceite	Planeado																						
		Lubricación general	Realizado																						
	PEGADORA ROBUSPACK	Revisión del sistema neumático	Planeado																						
		Revisión de nivel de aceite	Realizado																						
		Revisión de control de velocidad	Planeado																						
		Revisión de bandas en general	Realizado																						
		Apriete de terminales eléctricas	Planeado																						
		Limpeza del tablero eléctrico	Realizado																						
		Impresora de control nacional	Planeado																						

Imagen 5.16 Programa de mantenimiento

Fuente: propia

Para una vista más amplia sobre el programa, ver anexo 7.1.

Capítulo 5. Metodología.

EQUIPO	ACTIVIDAD		1
IMPRESORA FLEXO SRPACK 920	Lubricación general	Planeado	
		Realizado	
	Checar niveles de aceite	Planeado	
		Realizado	
	Revisión de cuchillas	Planeado	
		Realizado	
	Checar sufrideras (cambiar, rotar o lijar)	Planeado	
		Realizado	
	Referenciar cuchillas si se requiere	Planeado	
		Realizado	
	Apriete de terminales eléctricas	Planeado	
		Realizado	
	Calibración de escuadras de alimentación	Planeado	
		Realizado	
	Calibración de topes del introductor	Planeado	
Realizado			
Calibrar rodillo introductor	Planeado		
	Realizado		
Calibrar rodillo portacliché	Planeado		
	Realizado		
Calibración de rodillos doctor y anillox	Planeado		
	Realizado		
Limpieza de gabinetes eléctricos	Planeado		
	Realizado		
ENGRAPADOR A GODSWILL GHT-3000DSD	Lubricación de sistemas mecánicos	Planeado	
		Realizado	
	Inspección de unidad de mantenimiento	Planeado	
		Realizado	
	Limpieza de tableros electrónicos	Planeado	
Realizado			
Revisión de niveles de aceite	Planeado		
	Realizado		

Imagen 5.17 Detalle sobre programa de mantenimiento

Fuente: propia

Como se puede ver en la imagen 5.16, cada equipo tiene asignadas cuáles son sus propias actividades a cumplir, además de que cada actividad tiene dos recuadros, para marcar cuándo se planeó realizar dicha actividad y a su vez, para marcar cuándo se realizó cada una de estas actividades. Es importante señalar que todas estas actividades deben cumplirse cada mes, ya que son indispensables para poder garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

Cada vez que se renueve el programa de mantenimiento por trimestre, las actividades que van dentro de esta planeación, se calcularán con el método que ya describió con anterioridad (CPM), y en base a esto se asignará el día para cada una de las actividades.

Con el propósito de garantizar de que todas las actividades programadas en un día podrán llevarse a cabo, el departamento de mantenimiento se dividirá en dos equipos de trabajo, uno conformado por tres de los trabajadores y otro conformado por dos de ellos, ya que todos están capacitados para realizar todas estas actividades.

Estas actividades, con el fin de no intervenir en la marcha del proceso, se realizarán antes del comienzo del proceso, el proceso comienza a las 8:00 a. m., por lo que se dará inicio a esto a las 7:00 a. m. y se hará una pausa a la hora de inicio del proceso, y se retomará a las 8:30 a.m. hasta las 9:30 a.m., ya que en este horario se detiene el proceso porque es la hora de almuerzo de los operadores. También algunas de estas actividades se pueden realizar sobre la marcha, es decir, mientras el equipo se encuentra en operación, esto con el fin de corroborar la respuesta del equipo al ajuste.

5.10 MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE REFACCIONES

Entre las principales funciones del departamento de mantenimiento se encuentra el buen manejo de las refacciones y materiales que se tienen en el almacén para poder llevar a cabo las tareas asignadas.

En esta empresa no existe un departamento de compra y ventas, así que cada área se encarga de realizar los pedidos de materia prima, por lo que este departamento se encarga de pedir y almacenar todas las refacciones, aceites, grasas, componentes eléctricos, entre otros.

Aún así, para poder hacer compras de algún material en mantenimiento, se debe dar aviso al gerente general de la empresa de que es necesario adquirir un insumo, esto para que el gerente autorice la compra, después el departamento de mantenimiento tiene que revisar la cotización de varios proveedores para decidir cuál compra es la más óptima, posterior a esto, el gerente proveerá los recursos necesarios para poder realizar la compra.

En este departamento se manejan una gran cantidad de productos: refacciones, aceites, lubricantes, entre otros; pero aquí solo se mostrarán los más importantes que se ocupan por cada máquina, aquellos que son estrictamente necesarios que se encuentren disponibles en todo momento para que, en caso de presentarse un fallo, no se retrase la producción.

A continuación, se muestran cuáles son los principales componentes para los diferentes equipos con los que cuenta la empresa:

CORRUGADORA PRIMER Y SEGUNDO MÓDULO

- Guías
- Limpiadores
- Botoneras de paro y arranque

DOBLE ENGOMADOR

- Baleros
- Refacciones eléctricas (relevadores, micros, variadores de velocidad, entre otros.)
- Botoneras de paro y arranque

SLITTER

- Cuchillas
- Afiladores
- Bandas
- Baleros
- Válvulas $\frac{1}{4}$
- Manguera 8 mm y 10 mm
- Botoneras de paro y arranque

GUILLOTINA

- Cuchillas

- Baleros
- Aceite de transmisión
- Anticongelante
- Manguera de 8 mm
- Conexión de ¼
- Bandas transportadoras y de transmisión
- Baleros
- Electro válvulas de ¼
- Botoneras de paro y arranque

STACKER 1 Y 2

- Cadena doble paso 50
- Catarina doble paso 50
- Electro válvulas de ¼
- Botoneras de paro y arranque

COMPACTADORA CHICA Y GRANDE

- Aceite hidráulico
- Reten
- O-Ring
- Relevadores
- Botoneras de paro y arranque

CALDERA 1 Y 2

- Empaques
- Válvulas de vapor
- Válvulas solenoides
- Botoneras de paro y arranque

IMPRESORA INOVA 1228, FLEXO SRPACK 920 Y GREENWOOD SLOTTER

- Baleros
- Cuchillas de corte
- Rodillo doctor
- Rodillo anillox
- Rodillo alimentador
- Cubiertas
- PLC
- Encoder
- Banda dentada
- Manguera de 8 mm y 10 mm
- Cable de acero de 0.5 pulgadas
- Bombas neumáticas
- Botoneras de paro y arranque

ENGRAPADORA GODSWILL GHT-3000DSD Y BOSTITCH CHICA

- Empujadores
- Guías
- Formador
- Cuchilla fija
- Cuchilla móvil
- Bala 2 cm x ¼ cm
- Perico sujetador de alambre
- Muelle o resorte
- Balatas
- Electro válvula de 1/5
- Puente
- Banda de transmisión
- Botoneras de paro y arranque

ENGRAPADORA BOSTITCH GRANDE

- Empujadores
- Guías
- Formador
- Cuchilla fija
- Cuchilla móvil
- Bala 2 cm x ¼ cm
- Perico sujetador de alambre
- Muelle o resorte
- Balatas
- Electro válvula de 1/5
- Puente
- Banda de transmisión
- Botoneras de paro y arranque

PEGADORA ROBUSPACK Y 1

- Bandas transportadoras
- Bandas de transmisión
- Cadena paso 40
- Cadena paso 50
- Baleros
- Retenes
- Empujadores
- Biela de aluminio
- Carbones para motor para corriente directa
- Cople de galleta
- Botoneras de paro y arranque

TROQUELADORA HAIDAO Y MIEHLE

- Cubierta metálica inoxidable
- Barra de aluminio

- Clavos de la barra
- Aceite de transmisión
- Aceite hidráulico
- Botoneras de paro y arranque

RAYADORA

- Cuchillas
- Afiladores
- Cadena paso 50
- Banda de transmisión
- Botoneras de paro y arranque

Estas son las refacciones que no deben de faltar en las existencias del almacén de mantenimiento, ya que estas son las que representan mayor cantidad de fallas, así como los que suelen tener menor vida útil.

Además de los componentes mencionados anteriormente, también hay que señalar que tampoco deben faltar diversos instrumentos, como por ejemplo los artículos de ferretería, tornillos, clavos, alambres; diferentes suministros como los aceites, lubricantes, spray; repuestos universales como las juntas rotativas.

5.11 ANÁLISIS FINANCIERO

El equipo que es más esencial es la máquina corrugadora, y los dos módulos que la conforman son igual de importantes, si la corrugadora se detiene o presenta un problema ya no se puede trabajar, pues este equipo es el que elabora las láminas de cartón con las que se trabajarán, a las que se les harán los cortes necesarios y la que se le imprimirán el diseño que se ha pedido para la caja y los datos que se hayan pedido.

Si la corrugadora se llega a detener, le cuesta a la empresa \$9,000 por hora que este equipo se encuentre detenido.

En el transcurso de los meses de enero y febrero se presentaron cinco fallos en la corrugadora, dichos problemas forzaron que dicho equipo se detuviera, uno de esos fallos forzó que se detuviera por una hora, los otros cuatro durante media hora.

$$(4 \times 4,500) + 9,000 = \$27,000$$

Los \$4,500 representan media hora que el equipo se detuvo, esto se debe multiplicar por cuatro, ya que esta fue la cantidad de veces que la corrugadora se detuvo durante ese lapso de tiempo, y al sumar los \$9,000 que representa la ocasión en la que se detuvo durante una hora, obtenemos la pérdida durante los meses de enero y febrero, que son \$27,000.

Posteriormente, en los meses de abril y mayo, meses en los que ya se estaba aplicando el programa de mantenimiento, se presentaron tres fallos en la máquina corrugadora, dos de estos provocaron que se detuviera durante aproximadamente media hora y uno durante una hora, por lo tanto, quedaría de la siguiente manera:

$$(2 \times 4,500) + 9,000 = \$18,000$$

Como se puede ver, son \$9,000 menos respecto a los meses de enero y febrero, una diferencia significativa, pues la pérdida se redujo un 33.33% después de aplicar el programa de mantenimiento, la diferencia es bastante, por lo que este programa realmente ayuda a reducir la cantidad de fallos.

Capítulo 6

Resultados

6.1 RESULTADO DE ANÁLISIS DE LA EMPRESA

Al realizar el análisis de la situación actual de la empresa, se encontró que esta empresa trabaja de manera medianamente ordenada, pues el proceso está muy bien ordenado y trabaja de manera correcta, pero lo que hace que no se pueda trabajar del todo bien, es la manera en que operan algunos trabajadores, ya que algunos no tienen la capacitación adecuada para manejar algunas máquinas, lo que ha provocado algunos de los problemas que ya se contabilizaron con anterioridad.

6.2 RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

En el análisis de este departamento se encontró que los trabajadores de esta área sí cuentan con la capacitación requerida para poder trabajar en dicho departamento, únicamente se encontró un poco de desorden en la oficina, poco después se reordenó la oficina; y se encontró que no se lleva un registro adecuado en este departamento, es por ello que se han implementado las medidas que ya se describieron anteriormente.

6.3 RESULTADO DEL VALE DE HERRAMIENTAS

Con la aplicación del vale de herramientas se ha logrado llevar un registro mucho más controlado.

Cada vez que alguien solicita alguna herramienta o suministro, se llena el vale para que así se le pueda prestar lo que el trabajador solicita; al tener el vale completo se archiva en una carpeta, y se guarda ahí hasta el momento en que el trabajador devuelve lo que ha solicitado, lo que ha ayudado mucho a establecer un orden este aspecto.

Desde que se comenzó a implementar el vale, los retrasos en la devolución de las herramientas que son prestadas se han reducido significativamente, y gracias a esto, los retrasos de la compostura de equipos se han reducido.

A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron aplicando este vale.



Gráfica 6.1 Problemas con el herramental

Fuente: propia

Como se puede ver en este gráfico, el herramental que ha sido devuelto en el tiempo estipulado ha aumentado significativamente; el herramental devuelto tarde y extraviado si bien no han dejado de ser un problema, disminuyeron significativamente su ocurrencia; mientras que en este período de tiempo no se presentó herramental roto (véase capítulo 5.3, gráfica 5.1).

6.4 RESULTADOS DE LA ORDEN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Estos formatos para solicitar mantenimiento correctivo fueron entregados a todas las áreas de la empresa.

De esta manera se ha podido llevar un registro de lo que falla en la línea de producción, y a su vez se van archivando en una carpeta mensual, con el fin de analizar los fallos cada fin de mes; asimismo, el jefe de mantenimiento anota más detalles en una libreta para poder realizar un mejor análisis.

Esta herramienta ha servido para llevar un seguimiento de los problemas que se presentan en cada equipo, ya que, al ser equipos diferentes, cada uno presentará diferentes tipos de problemas.

6.5 RESULTADOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Con la aplicación de este programa de mantenimiento se ha obtenido una mejor organización y planeación sobre el mantenimiento preventivo de los equipos, además de agilizar el proceso, y se ha obtenido una buena planeación de cómo se realizarán las diferentes actividades para poder cumplir con todo en el tiempo establecido, se ha logrado agilizar el proceso de mantenimiento y con ello se ha optimizado tiempo.

Además, con la aplicación de este programa, se ha logrado reducir la cantidad de fallos en los equipos, por lo que la solicitud de mantenimiento correctivo también se ha reducido. Esto se debe no solo a que se hace mantenimiento para que el equipo trabaje de manera adecuada, sino a que también se hace periódicamente, lo que ayuda a que la cantidad de problemas se reduzcan.

A continuación, se muestra una tabla en la que están graficados los fallos que ocurrieron durante los meses de abril y mayo, meses en los que ya se estaba aplicando dicho programa.



Gráfica 6.2 Ocurrencia por máquina

Fuente: propia

Como se puede ver en la gráfica 6.2, la cantidad de fallos se redujo de forma considerable, en siguiente gráfica se muestran los fallos por línea en el transcurso de los meses de abril y mayo.



Gráfica 6.3 Ocurrencia por línea

Fuente: propia

La cantidad de fallos se redujo de 33 a 22, sin embargo, la línea de impresión continúa siendo la que presenta mayor cantidad de problema, esto podría deberse a que es la línea que cuenta con mayor número de máquinas y que, a su vez, son las que más trabajan.

El equipo que continúa mostrando mayor cantidad de problemas es la impresora INOVA, únicamente presentó un fallo menos respecto al período anterior, esto se debe a que es la máquina que más se usa y la que trabaja a mayor velocidad, lo que provoca mayor desgaste en las piezas y que se tengan que cambiar y/o reparar con mayor frecuencia, aun así, esto es algo que se considera normal por la cantidad de trabajo que se presenta para esta máquina.

Capítulo 7

Análisis de Resultados

Lo que han mostrado principalmente los resultados de este proyecto, es que gracias a la organización y a la planeación es que se han logrado obtener mejores resultados.

Gracias a esta organización es que se pudo reducir en un 33.33% los fallos en general en toda la línea de producción.

Las máquinas mostraron además un mejor rendimiento y no ha sido necesario intervenir en arreglos tan frecuentemente como lo era antes de la aplicación de este programa y de organizar las actividades.

Además, las pérdidas por falta de organización en el mantenimiento se redujeron también en un 33.33%, lo que muestra que organizando y aplicando el programa de mantenimiento ayuda no solo a que los equipos trabajen de manera óptima, sino también a reducir pérdidas en la empresa.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

La teoría presentada al inicio de este proyecto nos habla sobre la importancia y cómo medir y aplicar el mantenimiento a una empresa, como es de vital importancia para cualquier tipo de empresa. Esta importancia se ha comprobado en este trabajo, pues no solo ha ayudado a lograr un manejo más eficiente del equipo disponible, sino que también ayuda a ahorrar muchos recursos, que con el tiempo los beneficios serán mucho mayores y mucho más notorios.

Es importante también cambiar de manera de pensar respecto al mantenimiento, puesto que muchos no le dan importancia a esta área, cuando es un departamento de suma importancia, que ayuda a mejorar la manera de trabajar y hasta a reducir costos.

Haber atendido los problemas que este departamento estaba presentando fue un acierto muy grande para la empresa Carto-empaques del Centro S.A. de C.V., ya que utilizando esta herramienta se logró reducir costos y se ayudó a mejorar de manera notable la productividad de la maquinaria.

Además, otro logro este proyecto fue poder identificar cuál línea es la que presenta más problemas y a su vez, cuál es el equipo que presenta más problemas; al estar consciente de esto, la problemática fue atacada en su totalidad con ayuda de este proyecto y se logró disminuir de forma significativa la cantidad de fallos en todos los equipos y en ambas líneas de producción.

Un factor clave de la efectividad de este proyecto fue la organización, ya que siempre se priorizaron las actividades de acuerdo a la importancia y urgencia de que fueran realizadas, además de que también se priorizó la línea que presentó una mayor cantidad de problemas.

Se puede concluir que este programa será de gran ayuda para la empresa “Carto-empaques del Centro S.A. de C.V.”, ya que desde que se comenzó a aplicar, demostró que es de bastante utilidad y que realmente se obtienen los resultados prometidos, logrando así una mejor productividad.

También se puede concluir que un programa de mantenimiento preventivo siempre será de gran utilidad para una empresa, ya que ayuda a mantener y conservar la productividad y el ritmo de la maquinaria, además de que ayuda a retrasar su desgaste, lo que alarga el tiempo de vida del equipo.

Se recomienda que este programa se siga aplicando y se le dé el debido seguimiento, esto es, siempre llevar el registro dentro del programa de las actividades que se cumplen, ya que por muy bueno que sea un programa de mantenimiento, no servirá sino se lleva el registro adecuado y se realiza en un orden distinto al que se establece, así que es importante que se realice en el orden indicado y registrar cuándo se realiza cada actividad.

Referencias bibliográficas

ALONSO, JUANA M. REVENGA; Flujo en redes y gestión de proyectos. Primera edición. La Coruña; Editorial Netbiblo; 2008.

AYALA, VÍCTOR HUMBERTO MATUS; Guía de mantenimiento preventivo; Guatemala; Universidad de San Carlos de Guatemala; 2010.

BONA, JOSÉ MARÍA DE; Gestión del mantenimiento; Fundación Confemetal.

BRAVO, ROBERTO; BARRANTES, ANA CECILIA; Administración del mantenimiento industrial. Primera edición. San José. Editorial Universidad a Distancia; 1989.

CUATRECASAS, LLUÍS ARBÓS; Organización de la producción y dirección de operaciones; Primera edición; Ediciones Díaz de Santos; Madrid; 2012.

DOUNCE, ENRIQUE VILLANUEVA; La productividad en el mantenimiento industrial; Primera edición. México. Grupo Editorial Patria; 2014.

GARCÍA, SANTIAGO GARRIDO; Organización y gestión integral de mantenimiento. Primera edición. Madrid. Díaz de Santos; 2003.

GÓMEZ, FÉLIX CESÁREO DE LEÓN; Tecnología del mantenimiento industrial. Primera edición. Murcia. Universidad de Murcia; 1998.

GONZÁLEZ, FRANCISCO JAVIER FERNÁNDEZ; Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado; Segunda edición; Fundación Confemetal; Madrid; 2005.

HERNÁNDEZ, CARLOS OROZCO; Análisis administrativo técnicas y métodos. Primera edición. San José. Editorial EUNED; 1996.

JULVE, ROBERTO RODRÍGUEZ; Plan maestro de mantenimiento en una empresa de distribución; Madrid. Universidad Carlos III Madrid; 2014.

Referencias bibliográficas.

MEDRANO, JOSÉ A. MÁRQUEZ; GONZÁLEZ, VÍCTOR L. AJUECH; DÍAZ, VICENTE M. DE LEÓN SANTIAGO; Mantenimiento técnicas y aplicaciones industriales. Primera edición. México. Grupo Editorial Patria; 2017.

MORA, ALBERTO GUTIÉRREZ; Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Primera edición. Alfaomega; 2009.

RODRÍGUEZ, JOSÉ A. RAMÍREZ; Gestión de mantenimiento asistido por computadora. Primera edición. Cuaje; 2003.

SAAVEDRA, JORGE GAMÓN; Gestión de mantenimiento; Senati; 2009.

SÁNCHEZ, FRANCISCO T. MARÍN; PÉREZ, ANTONIO GONZÁLEZ; SANCHO, JOAQUÍN L. BRU; RODRÍGUEZ, PABLO J. CERVANTES; Mantenimiento mecánico de máquinas. Primera edición; Universitat Jaume; 2006.

Páginas de internet

academia.edu/9553128/NORMA_AFNOR_NF_X_60_010

aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento

Anexos

7.1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO				TRIMESTRE ABRIL-MAYO-JUNIO 2020																								
LINEA	EQUIPO	ACTIVIDAD		ABRIL																								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
IMPRESORA FLEXO SRPACK 920		Planear niveles de aceite	Planeado																									
		Revisión de cuchillas	Realizado																									
		Revisión de cuchillas	Planeado																									
		Revisión de cuchillas	Realizado																									
		Revisión de cuchillas	Planeado																									
		Revisión de cuchillas	Realizado																									
		Revisión de cuchillas	Planeado																									
		Revisión de cuchillas	Realizado																									
		Revisión de cuchillas	Planeado																									
		Revisión de cuchillas	Realizado																									
		Revisión de cuchillas	Planeado																									
		Revisión de cuchillas	Realizado																									
		Revisión de cuchillas	Planeado																									
		ENGRAPADORA GODSVILL GHT-3000DSD		Lubricación de sistemas mecánicos	Planeado																							
Inspección de unidad de mantenimiento	Realizado																											
Limpieza de tableros electrónicos	Planeado																											
Revisión de niveles de aceite	Realizado																											

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO				TRIMESTRE ABRIL-MAYO-JUNIO 2020																							
LINEA	EQUIPO	ACTIVIDAD		ABRIL																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
I M P R	ENGRAPADORA GODSVILL GHT-3000DSD	Lubricación de sistemas mecánicos	Planeado																								
		Inspección de unidad de mantenimiento	Realizado																								
		Limpieza de tableros electrónicos	Planeado																								
		Revisión de niveles de aceite	Realizado																								
	ENGRAPADORA BOSTITCH GRANDE		Lubricación de sistemas mecánicos	Planeado																							
			Inspección de unidad de mantenimiento	Realizado																							
			Limpieza de tableros electrónicos	Planeado																							
			Revisión de niveles de aceite	Realizado																							
	ENGRAPADORA BOSTITCH CHICA		Lubricación de sistemas mecánicos	Planeado																							
			Inspección de unidad de mantenimiento	Realizado																							
			Limpieza de tableros electrónicos	Planeado																							
			Revisión de niveles de aceite	Realizado																							
			Lubricación general	Planeado																							
			Revisión del sistema neumático	Realizado																							
Revisión de nivel de aceite			Planeado																								
Revisión de nivel de aceite			Realizado																								

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO				TRIMESTRE ABRIL-MAYO-JUNIO 2020																							
LINEA	EQUIPO	ACTIVIDAD		ABRIL																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
CORRUGADORA PRIMER MODULO		Revisión de sistema neumático	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Planeado																								
		Revisión de sistema hidráulico	Realizado																								

