

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA**

Autor

JUAN DAVID CALDERON BLANCO

Monografía Para Optar por Título de Ingeniero Industrial

Director

GERMÁN GRANADOS MALDONADO

Ingeniero Industrial

Magister en Administración

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA 05,24, 2020

Agradecimientos

Agradezco de manera inconmensurable a mis padres y hermana. Aun sabiendo con toda certeza que con este agradecimiento me quedo corto y no alcanzo a corresponder a toda la confianza, esfuerzo, tiempo y demás depositados en mi humanidad. Hoy a ellos dedico la culminación de esta tan anhelada meta, porque, aunque fui yo quien lo estuvo realizando, este logro sin duda alguna más que mío es de ustedes. Gracias al creador por haberlos puesto a ustedes como herramienta de apoyo para cumplir este objetivo. Con amor y una profunda admiración para ustedes.

También agradezco a todas esas personas que contribuyeron de diferentes maneras, que estuvieron en los momentos adversos y en los de alegrías, a esas personas que están y a las que ya no, porque también fueron parte de la motivación para recorrer el camino a esta meta, a ustedes gracias.

Por último, pero no menos importante, también le doy las gracias a mi tutor el Ingeniero Germán Granados Maldonado, quien me brindo su confianza y colaboración en tan crucial momento, el que con su invaluable conocimiento hizo un aporte muy importante para lograr sacar este trabajo monográfico adelante, le agradezco por su tiempo, persistencia he incentivar me muy a su manera a realizar un buen trabajo y lograr esta meta.

Infinitas gracias a todos por acompañarme en el sueño de convertirme en Ingeniero.

Resumen

Documento monográfico enfocado específicamente en la gestión de mantenimiento preventivo aplicado a la industria, elaborado mediante la implementación de una metodología netamente investigativa que busca mostrar las virtudes de este tipo de actividad, exponiendo los objetivos, parámetros y acciones empleadas por el departamento técnico de mantenimiento.

Antes de ingresar al tema central; se realiza una breve introducción respecto a la evolución del mismo para llegar a lo que es hoy por hoy, describe los principales tipos de mantenimiento y dentro de ellos ahonda en el tema principal de la investigación, exponiendo sus características, ventajas y desventajas.

Finaliza refiriendo dos casos de empresas que demuestran mediante el análisis de los resultados obtenidos de las variables de estudio empleadas, tales como, productividad, eficiencia y eficacia del plan de mantenimiento aplicado a la industria, cualquiera que esta sea, que la utilización de esa actividad trae mejoras en la productividad. Siendo evidente que el avance tecnológico permite incrementar significativamente el desarrollo y rendimiento de las compañías logrando alcanzar la meta de optimización industrial, además comprueba que la evolución de la organización va a la par con el perfeccionamiento del servicio de mantenimiento.

Palabras Claves

Mantenimiento, productividad, eficiencia, eficacia, preventivo

Abstract

Monographic document specifically focused on preventive maintenance management applied to the industry, prepared through the implementation of a purely investigative methodology that seeks to show the virtues of this type of activity, exposing the objectives, parameters and actions used by the technical maintenance department.

Before entering the central topic; a brief introduction is made regarding its evolution to reach what it is today, describes the main types of maintenance and within them delves into the main topic of the research, exposing its characteristics, advantages and disadvantages.

It ends by referring to two cases of companies that demonstrate through the analysis of the results obtained from the study variables used, such as productivity, efficiency and effectiveness of the maintenance plan applied to the industry, whatever this may be, that the use of this activity brings improvements in productivity. Being evident that the technological advance allows to significantly increase the development and performance of the companies, achieving the goal of industrial optimization, it also verifies that the evolution of the organization goes hand in hand with the improvement of the maintenance service.

Keywords

Maintenance, productivity, efficiency, effectiveness, preventive

Índice

Introducción	11
Mantenimiento	13
Historia del Mantenimiento	13
Gestión de Mantenimiento	19
Ventajas de la gestión de mantenimiento	19
Mantenimiento preventivo	20
Mantenimiento correctivo	20
Mantenimiento predictivo	21
Mantenimiento cero horas	21
Mantenimiento en uso	22
Análisis de Equipos para Modelo de Mantenimiento	22
Análisis de criticidad por tipo de equipo	22
Grupos de equipos según el nivel de criticidad	22
De forma gráfica se muestra la distribución de los equipos según su nivel de	23
Equipos críticos	23
Equipos importantes	24
Equipos prescindibles	24
Selección del Modelo de Mantenimiento	25
Modelo para equipo crítico.	25
Modelos para los equipos importantes	25

Modelo para equipo prescindible. _____	25
Gestión de Abastecimiento _____	25
Inventarios _____	26
Análisis General de la Gestión de Mantenimiento Preventivo _____	27
Introducción al Mantenimiento Preventivo _____	27
Mantenimiento Preventivo _____	27
Objetivos del mantenimiento preventivo _____	29
Características del Mantenimiento Preventivo _____	29
Actividades Principales del Mantenimiento Preventivo _____	30
Limpieza. _____	31
Inspección y revisión. _____	31
Ajuste o calibración. _____	31
Cambio de piezas. _____	31
Lubricación. _____	32
Aplicabilidad del Mantenimiento Preventivo _____	32
Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo _____	32
Ventajas del mantenimiento preventivo _____	32
Desventajas del mantenimiento preventivo. _____	34
Cuestionamientos Bases para un Programa de Mantenimiento Preventivo _____	36
Estandarización. _____	36
Fiabilidad y Maleabilidad _____	36
Partes que requieren algún tipo de servicio _____	36

Capacitación _____	37
Documentación _____	37
Herramientas especiales y equipos de prueba _____	37
Seguridad _____	37
Recomendaciones para Determinar un Plan de Mantenimiento Preventivo _____	38
Recomendaciones del fabricante. _____	38
Recomendaciones de los operadores _____	39
Periodicidad o frecuencia. _____	39
Tiempo de operación. _____	39
Operaciones especiales. _____	40
Tiempo calendario _____	40
Inspecciones _____	40
Servicios _____	41
Reparaciones _____	41
Cambio de unidades o componentes _____	42
Resultados de la Gestión de Mantenimiento Preventivo Aplicado en la Industria _____	43
Empresa JNIGECE S.A.C _____	43
Productividad _____	43
Eficiencia _____	44
Eficacia _____	46
Conclusión del resultado de la implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C _____	47
Empresa BODSERG S.A.C _____	47

Productividad.	48
Eficiencia	49
Eficacia	50
Conclusión del Resultado de la Implementación de un Plan de Gestión de Mantenimiento en la Empresa BODSERG S.A.C.	51
Conclusión	52
Bibliografía	53

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Otros tipos de mantenimiento</i>	15
Figura 2 <i>Equipos jerarquizados por nivel criticidad.</i>	22
Figura 3 <i>Caso de mantenimiento en equipos críticos</i>	22
Figura 4 <i>Casos de mantenimiento en equipos importantes.</i>	23
Figura 5 <i>Caso de mantenimiento en equipos prescindibles</i>	23
Figura 6 <i>Ciclo del mantenimiento preventivo</i>	27
Figura 7 <i>Actividades principales del mantenimiento</i>	30
Figura 8 <i>Ventajas del mantenimiento preventivo</i>	32
Figura 9 <i>Desventajas del mantenimiento preventivo</i>	34
Figura 10 <i>Recomendaciones para plan de mantenimiento</i>	37

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Línea de tiempo de la historia del mantenimiento</i>	17
Tabla 2 <i>Comparativa de la productividad antes y después en la empresa JNIGECE S.A.C</i>	42
Tabla 3 <i>Comparativa de la eficiencia antes y después en la empresa JNIGECE S.A.C</i>	43
Tabla 4 <i>Comparativa de la eficacia antes y después en la empresa JNIGECE S.A.C</i>	45
Tabla 5 <i>Comparativa de la productividad antes y después en la empresa BODSERG S.A.C</i>	47
Tabla 6 <i>Comparativa de la eficiencia antes y después en la empresa BODSERG S.A.C</i>	48
Tabla 7 <i>Comparativa de la eficacia antes y después en la empresa BODSERG S.A.C</i>	49

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMO HERRAMIENTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA

Introducción

En el instante en que la humanidad hace uso de las primeras herramientas y se enfrenta al deterioro de las mismas por efecto del uso y el tiempo, es ahí, cuando logra entender la necesidad de planear acciones enfocadas en la conservación de estas, pero al inicio esas labores no eran relevantes ni se veían como algo necesario y menos aún que se convertirían en una tarea esencial para el buen desempeño de los instrumentos utilizados en sus quehaceres diarios; debido a que el 90% de las actividades eran realizadas con mano de obra humana como consecuencia de la misma dinámica laboral y del cómo se hacían los productos o servicios en esa época, entonces el 10% restante correspondía al trabajo ejecutado por herramientas y máquinas; las cuales no tenían la relevancia suficiente, y así fue, hasta 1914 cuando se dio inicio a la Primera Guerra Mundial, es en ése momento cuando todo cambió y el uso de las máquinas empieza a cobrar importancia en la industria, aunque rudimentarias se masificaron en los países beligerantes, así como en las naciones que se encargaban de apoyarlos con los diferentes suministros. Con esta masificación evidenciaron cuán importante era que las máquinas, herramientas y armas estuvieran en un estado óptimo de funcionamiento, básicamente porque la vida de las personas en el campo de batalla dependía de eso, de ahí la importancia que la maquinaria y demás herramientas encargadas de mantener la cadena de suministros; estuvieran en inmejorables condiciones para la correcta elaboración de sus productos(Villanueva Dounce, 2014).

Con la evolución y sofisticación de las máquinas fue necesario conseguir personal con conocimientos en reparaciones, quienes eran empíricos en su mayoría, para que se encargaran de colocar, nuevamente, en marcha la maquinaria que se detenía por algún fallo en su

funcionamiento, esto conlleva a denominar a esa actividad con el término de mantenimiento, dentro del cual se realizó una serie de divisiones relacionadas con la manera en que se realizaba el mismo, dando origen a la división clásica del mantenimiento designado de la siguiente manera:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento cero horas
- Mantenimiento en uso

Este documento, se enfoca específicamente en el mantenimiento preventivo como herramienta para la optimización de procesos en la industria y ahonda en sus características con el propósito de mostrarle al lector cuales son las ventajas y desventajas al aplicar esta actividad en la misma(Tavares, 1999).

Mantenimiento

Se puede definir el mantenimiento como el conjunto de actividades técnicas encaminadas a conseguir el funcionamiento óptimo de los activos productivos dentro de cualquier organización, manteniéndolos en el estado operativo y satisfactorio de productividad de forma eficiente con un costo razonable(Sáez Gómez, 2018).

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) el mantenimiento es el control constante de las instalaciones, del conjunto de reparación y revisión necesario para asegurar el buen estado y el funcionamiento regular de las plantas de producción , de sus servicios e infraestructuras(Medrano Marquez et al., 2017)

Los objetivos principales del mantenimiento son:

- Avalar la disponibilidad y la seguridad de equipos e infraestructuras.
- Satisfacer los requerimientos del sistema de calidad de la compañía.
- Acatar las normas de seguridad y medio ambiente.
- Llevar al máximo la productividad y eficiencia de la empresa.

Por lo tanto, el mantenimiento es la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios, un buen mantenimiento asegura el funcionamiento eficiente de los equipos durante periodos de tiempo más largos; garantizando el control de los mismos de manera efectiva lo cual se refleja de forma positiva en los activos de la empresa. (Medrano Marquez et al., 2017)

Historia del Mantenimiento

Desde que la humanidad logró el desarrollo de las primeras herramientas y hasta fines del siglo XVII, el mantenimiento que el hombre aplicaba a las máquinas utilizadas para la elaboración de los diferentes productos y/o servicio ofertados a los clientes, no era un mantenimiento que

podiera considerarse profesional y mucho menos especializado; debido a que en esa época de la historia la maquinaria tenía un papel secundario y poco relevante con respecto a la producción, hasta antes de 1880 la mano de obra humana gozaba de una importancia alrededor de un 90% en la elaboración de cualquier producto y apenas el 10% restante era el trabajo realizado por las máquinas(Villanueva Dounce, 2014).

Desde este momento en adelante comienza la evolución referente al cuidado de los diferentes artefactos utilizados en procesos de elaboración y producción, buscando que estos funcionen adecuadamente, a este concepto se le denomina mantenimiento. El tipo de mantenimiento que se ofrecía en ése tiempo para los proveedores de máquinas y/o equipos o para compradores de los mismos; consistía solamente en mantenimiento correctivo para que estos funcionaran de la mejor manera posible, y esta actividad se realizaba únicamente en caso de que la maquinaria se detuviera o mostrara un desperfecto imprevisto, lo cual indica que el mantenimiento preventivo no había sido implementado aún, se permitía que el artefacto trabajara hasta el fallo y era en ese momento cuando se realizaban las reparaciones correctivas cuyo único objetivo era el arreglo del mismo sin tener en cuenta el tiempo empleado para esto, no se visualizaba como afectaba a la empresa el detener o disminuir el servicio que suministraba la maquinaria que entra a proceso de reparación. Esta situación se mantuvo de esa manera hasta la década de 1930.

La industria se fue desarrollando y evolucionando rápidamente y el mercado exigía mayores volúmenes de producción, diversidad y mejor calidad en los productos, lo cual llevo a que las máquinas se utilizaran cada vez más en la industria y a su vez fueran mucho más elaboradas y complejas; suscitando que su importancia se incrementara respecto a la relevancia que hasta ese momento había tenido la mano de obra.

El inicio de la primera guerra mundial, en 1914, causó que las máquinas trabajaran a toda su capacidad y sin interrupción en la producción de suministros, armas, vehículos y artefactos

bélicos entre otros, el buen funcionamiento de todos estos equipos eran cuestión de vida o muerte este hecho suscitó que su importancia aumentara respecto a la relevancia que hasta entonces habían tenido; por tal motivo, la máquina fue adquiriendo mayor jerarquía y aumentaron en cuanto a número y funciones cada vez más complejas, a la vez que exigían mejores operadores y cuidados (Villanueva Dounce, 2014) .

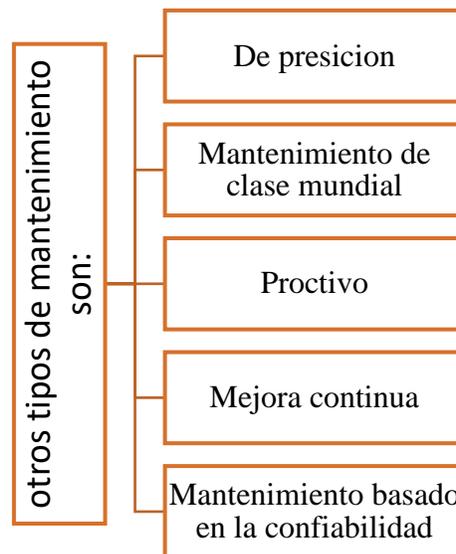
Hacia 1950 la industria se enfocó en atender las necesidades de la posguerra, es entonces que nace la aviación comercial y la demanda de autos para uso no militar, entre otras, también se suma a esto el crecimiento de la industria electrónica. Esto causa que los encargados de dirigir las diferentes industrias se percaten que deben avanzar a pasos agigantados para no quedar rezagados en esta evolución industrial, comprendiendo que para lograr ese objetivo es importante que la maquinaria utilizada tenga un funcionamiento óptimo y que no se detenga en su producción debido a fallos en su funcionamiento, a través de la observación y la experiencia comprobaron que detener una máquina por mal funcionamiento con el propósito de realizarle un diagnóstico de fallos y repararla posteriormente conlleva mucho tiempo; afectando a la empresa en su producción o prestación de servicio lo cual pone en riesgo el crecimiento y estabilidad de la empresa, esto generó la necesidad de crear un equipo de especialistas para proporcionar el servicio de asesoramiento a la producción, al cual se le denominó como equipo de mantenimiento, quienes fueron los encargados de realizar la planeación y control del mantenimiento preventivo; como también de analizar las causas y los efectos de las averías de la maquinaria de la empresa.

A partir de 1966, se fortaleció la actividad del mantenimiento con la creación de asociaciones dedicadas a esta labor, también es de tener en cuenta que los instrumentos, herramientas de medición y los equipos de protección de los operarios eran cada vez más avanzados. A partir de este momento a este trabajo se le conoce como ingeniería de mantenimiento y se da inicio al

desarrollo de criterios de predicción o prevención de fallas, para la optimización del cuidado de los equipos, a esto se le denominó mantenimiento predictivo o preventivo; asociándolo al método de planeación y control de mantenimiento. En la Figura 1. podemos ver otros tipos de mantenimiento.

Figura 1.

Otros tipos de mantenimiento



Tipos de mantenimiento no tan usados que enuncia el autor. Elaboración propia adaptada de (Villanueva Dounce, 2014)

El cambio sigue avanzando rápidamente, y el mantenimiento productivo se convirtió en la nueva tendencia con aspecto competitivo, incrementando la cantidad de responsabilidades que recaían sobre los equipos encargados de esa actividad, y se generaron deliberaciones con respecto a la confiabilidad del trabajo realizado, la conformación del equipo y el diseño de la planta de mantenimiento a la cual se le brindó total relevancia. Este fue un cambio profundo que acuñó el término “Ingeniería de la planta” en lugar de “mantenimiento”. Las tareas de este nuevo término requerían de más exigencias para el grupo a cargo de esas acciones las cuales estaban relacionadas con un nivel superior de conocimiento de cada componente de las máquinas, su

fiabilidad y la instalación en general. En la década de los 70 debido a la demanda del mercado global fue necesario crear un enfoque más fuerte en busca de la excelencia en todas las acciones relacionadas con el mantenimiento, para lo cual se instauraron los estándares de clase mundial en términos esa actividad. Para ese momento el japonés Seichi Nakajima desarrolló el TPM (mantenimiento productivo total, también conocido como mantenimiento de participación total o mantenimiento total de la productividad) que tiene como principio integrar a todos los miembros de la comunidad industrial, de modo que todos los trabajadores de la organización sin importar su clase o nivel comparten esta responsabilidad(Tavares, 1999).

Entre 1960 y 1970 nace el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), o RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance). El MMC fue definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlad y Howard Heap como un proceso para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñándose de forma deseada y adecuada según sea su operatividad(Medrano Marquez et al., 2017).

En 1980 la ATA (Asociación de Transporte Aéreo de América/Asociación de Transportadores Aéreos) desarrollo un documento que serviría como guía para la planeación de programas iniciales de mantenimiento de la nueva flota de aviones comerciales, conocido como EL MSG-3, el cual contempla el análisis de los patrones de falla de los diferentes componentes de los aviones, esto revolucionó y cambió todas las costumbres que para ese momento se tenían sobre el mantenimiento(Medrano Marquez et al., 2017).

A partir del año 2005 se estudia la filosofía de la conservación industrial (CI), la cual busca obtener buenos resultados y se relaciona directamente con los gerentes y directivos de estas organizaciones, esta filosofía involucra gran parte de los departamentos como el de producción, ingeniería, calidad y mantenimiento, entre otros. Para alcanzar los objetivos propuestos es necesario tener un líder a cargo, que usualmente es el gerente de cada departamento, con la

capacidad para dirigir el equipo hasta culminar el proyecto, así como los indicadores que muestren los logros que se vayan obteniendo durante su aplicación. No obstante los resultados no son inmediatos, estos se pueden dar a mediano y largo plazo, por lo tanto las empresas u organizaciones deben tener la convicción de que al final los resultados los harán más competitivos, incrementando de manera exponencial la calidad, eficiencia y productividad de la planta (Medrano Marquez et al., 2017).

Tabla 1

Línea de tiempo de la historia del mantenimiento

Año	Descripción
1780	Mantenimiento correctivo
1798	Uso de partes intercambiables
1903	Producción industrial masiva
1910	Cuadrilla de mantenimiento correctivo
1914	Mantenimiento preventivo
1931	Control de calidad del producto manufacturado
1950	Control estadístico de calidad
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad
1971	Desarrollo del mantenimiento productivo total
1995	Desarrollo del proceso de las 5S
2005	Surgimiento de la filosofía de la conservación industrial

Muestra de manera sintetizada la historia del mantenimiento. Tomada de (Medrano Marquez et al., 2017)

Gestión de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento se refiere a gestionar todos los procesos que se involucran de forma directa e indirecta dentro de las actividades de mantenimiento (programar, controlar y corregir).

Estas actividades generan un ahorro de esfuerzo y sobre todo de recursos económicos.

De igual forma permite a la empresa preservar el valor de dicho activo, entendiéndose como valor su productividad, disponibilidad y confiabilidad, de forma contextual la definición de gestión de mantenimiento involucra de manera directa los siguientes atributos:

- Establecer y garantizar un número definitivo de horas aprovechables de funcionamiento de los equipos de planta en condiciones de calidad, seguridad y costos exigidos.
- Disponer de un listado actualizado de los equipos disponibles que componen el proceso de producción.
- Asignar códigos a cada uno de los equipos disponibles.
- Elaborar fichas técnicas de cada equipo inventariado.
- Establecer planes de mantenimiento para los equipos.
- Asignar al personal disponible los trabajos de mantenimiento solicitados.
- Crear una lista de herramientas, repuestos y tipo de personal requerido para la ejecución del mantenimiento.
- Revisar la ejecución de las órdenes de trabajo del mantenimiento programado.
- Generar los respectivos informes respecto al trabajo de mantenimiento realizado.

(Marchena et al., 2019)

Ventajas de la gestión de mantenimiento

Tomando en consideración y aplicando de manera efectiva los atributos mencionados con anterioridad, se da claridad sobre cómo conseguir una gestión eficiente del mantenimiento de los

activos físicos de la empresa, debido a que se adquieren herramientas capaces de generar ventajas para la organización que se verán reflejadas de la siguiente manera:

- Se obtienen productos de calidad, los cuales son aceptados y apreciados en el mercado.
- Se ganan consumidores satisfechos con los tiempos de entrega de los productos.
- Reducción de los riesgos de accidentes laborales provocados por causa del mal estado de las máquinas.
- Reducción de los pasivos del proceso productivo debido a reparaciones inesperadas de la maquinaria.
- Detección a tiempo de los fallos de los equipos ocasionado por el deterioro de piezas permitiendo su conveniente programación de reemplazo.
- Impide daños irreversibles a los aparatos.

(Marchena et al., 2019)

Mantenimiento preventivo

El término se refiere a los mantenimientos que se encargan de detectar fallas antes de que desarrollen y generen interferencia en la productividad del equipo, estos se basan en inspecciones y medidas en el tiempo especificado por los fabricantes, como también, en las condiciones de uso. En algunas ocasiones solo se ve el mantenimiento preventivo en función al tiempo, pero en realidad es la combinación de tres características: tiempo, fiabilidad y el estado de los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno (García Garrido, 2003).

Mantenimiento correctivo

Corrige las averías/defectos a medida que se producen. En este proceso se involucran las personas que trabajan directamente con las máquinas o equipos, estos operarios se encargan de

dar aviso del desperfecto tan pronto se detecte. Luego del aviso, el personal de mantenimiento es el encargado de realizar la reparación. (Garcia Garrido, 2003)

Mantenimiento predictivo

Para aplicarlo es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) para lo cual se realiza una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos especializados a todas aquellas partes de la maquinaria susceptibles de deterioro, de esta forma se puede anticipar a la falla catastrófica, gran parte de esas evaluaciones se efectúan con el equipo en marcha sin interrumpir la producción lo cual es una gran ventaja para la rentabilidad de la empresa, este tipo de mantenimiento no afecta de ningún modo la productividad de las organizaciones, estableciendo una nueva manera de desarrollar esa actividad en las industrias a través del mantenimiento predictivo, convirtiéndose este en la forma menos invasiva para establecer el fallo de la maquinaria o equipos. Este tipo de mantenimiento es el más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos(Garcia Garrido, 2003).

Mantenimiento cero horas

El mantenimiento a cero horas es un conjunto de tareas que tienen como objetivo revisar los equipos o máquinas a intervalos de manera programada antes de que aparezca ningún fallo, o cuando se haga notorio que la fiabilidad del equipo ha disminuido y por tal motivo es arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva, su finalidad es reparar las piezas afectadas y se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste con el propósito de dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, o sea como si no se le hubiera dado ningún uso. (García Garrido, 2003)

Mantenimiento en uso

Este mantenimiento lo deben realizar los usuarios del equipo (mantenimiento básico), está basado en tareas elementales como la toma de datos, limpieza, reajuste de pernos, inspecciones visuales, lubricación, etc. para lo cual no es necesario un gran conocimiento del tema, un conocimiento básico sobre el tema es suficiente. (García Garrido, 2003)

Análisis de Equipos para Modelo de Mantenimiento

En la actualidad no es viable que las empresas involucren un solo tipo de mantenimiento, es importante conocer con qué clase de equipos cuenta la compañía, para hacer este proceso más eficiente es recomendable clasificar cada uno de esos elementos para poder planificar un tipo de mantenimiento apropiado, dependiendo el caso y la situación, con un modelo recomendado (García Garrido, 2003).

Análisis de criticidad por tipo de equipo

Se debe tener una jerarquización de los diferentes equipos y herramientas. No se puede tratar a todos los mecanismos con la misma importancia, debido a que siempre se debe tener en consideración el hecho de que los recursos de toda empresa siempre son limitados, por tal motivo es necesario saber administrarlos y distribuirlos de manera óptima dando prioridad a los que cuenten con más representatividad en la actividad económica de organización (García Garrido, 2003).

Grupos de equipos según el nivel de criticidad

Con el fin de mejorar los tiempos de generación de planes de cuidado de la maquinaria y/o equipos, se genera una lista jerarquizada de los mismos por nivel de criticidad, esta metodología permite establecer las prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, estableciendo una estructura para facilitar las decisiones, el direccionamiento del esfuerzo y el

enfoque de los recursos hacia las áreas requeridas, de acuerdo con su importancia en los negocios (Garcia Garrido, 2003).

Figura 2

Equipos jerarquizados por nivel de criticidad.



De forma gráfica se muestra la distribución de los equipos según su nivel de criticidad. Autoría propia.

Equipos críticos

Son aquellos que afectan de forma significativa a la productividad de la empresa, los costos de parada de uno de estos equipos o mal funcionamiento de los mismos son inaceptables para la producción de la compañía debido a que afectan sus activos de manera notable (Sierra Gonzales, 2013).

Figura 3

Caso de mantenimiento en equipos críticos



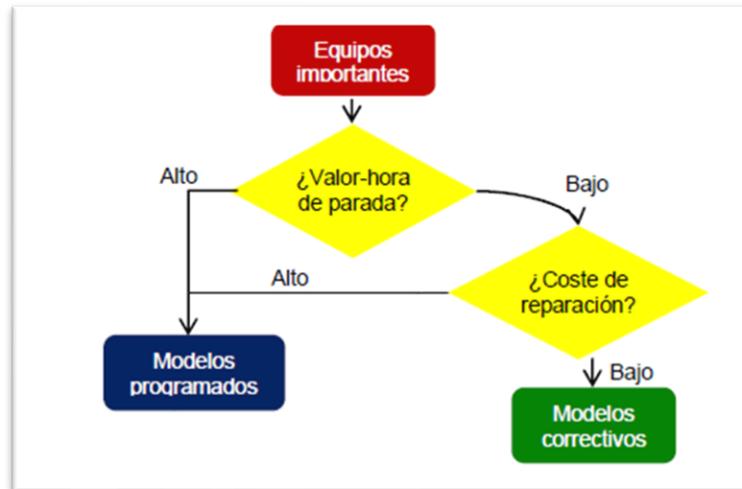
Si el equipo es crítico se recomienda trabajar con el modelo de mantenimiento preventivo. Tomado de (Sierra Gonzales, 2013).

Equipos importantes

Estos equipos al tener un mal funcionamiento o una avería que conlleve a una parada de la producción, afectan a la empresa, pero dicha afectación es financiable o asumible por la empresa.

Figura 4

Casos de mantenimiento en equipos importantes.



En el mantenimiento de equipos importantes es necesario analizar los costos de la detención y el valor de la reparación de la máquina. Tomado de (Sierra Gonzales, 2013).

Equipos prescindibles

Son aquellos que no perjudican de manera significativa la productividad de la empresa, en términos generales estos generan un pequeño sobre costo, alguna incomodidad o un cambio aceptable en las actividades (Sierra Gonzales, 2013).

Figura 5

Caso de mantenimiento en equipos prescindibles.



En el caso de estos equipos por razones de costo para las empresas es mejor esperar el mantenimiento preventivo (Sierra Gonzales, 2013).

Selección del Modelo de Mantenimiento

Después de haber realizado la identificación completa de los equipos podemos empezar a definir los tipos de mantenimiento para cada uno ellos.

Modelo para equipo crítico.

Si fuera el caso de un equipo crítico, es recomendable trabajar con el modelo de mantenimiento preventivo porque se reduce la posibilidad de falla del equipo al mínimo posible, teniendo en cuenta que este contempla como primera medida la prevención y como segunda las acciones correctivas. La prioridad es que las máquinas sean atendidas antes de que ocurra una falla que ocasione la entrada en receso del equipo.(Martínez Calizaya, 2012).

Modelos para los equipos importantes

Para estos modelos se tiene que trabajar de una forma más profunda, se deben poner en evaluación factores de suma importancia como el costo del mantenimiento y el costo de tener una máquina detenida por avería (Martínez Calizaya, 2012).

Modelo para equipo prescindible.

Este modelo se enfoca en procesos correctivos para resolver los inconvenientes de los equipos, se aplica generalmente cuando la máquina no compromete la programación del proceso productivo de la empresa, en consecuencia, la compañía podrá prescindir del mismo hasta que sea finalmente reparado (Martínez Calizaya, 2012).

Gestión de Abastecimiento

La gestión de abastecimiento de una empresa cumple con la función de apoyo dentro del funcionamiento interno y el principal objetivo es el de proveer a la empresa con los materiales o bienes necesarios para su correcto desempeño, así también como las tareas de complementación que permitan un óptimo estado de dichos elementos en su operación, en cualquier organización es de suma importancia el aprovisionamiento oportuno de los recursos necesarios de modo que el

proceso productivo se realice con normalidad. Otro de los objetivos de esta actividad es alcanzar un nivel de servicio razonablemente alto, asociado a una inversión en inventarios que sea lo más baja posible, pero siempre intentando tener las piezas que se necesitan en el lugar y momento que son requeridas (Sánchez & Holguin, 2019).

Inventarios

Los inventarios son la existencia de piezas o recursos que se utilizan dentro de las organizaciones o empresas, es responsabilidad de la empresa identificar las piezas que son necesarias de inventariar, como también identificar el momento idóneo para reabastecer y las cantidades que deben ser pedidas para cada pieza. Trabajar con un modelo de inventarios requiere de establecer políticas para ello, almacenamiento y control los mismos. Habitualmente los tiempos de abastecimiento en refacciones son prolongados, por tal motivo, siempre se debe estar abierto a la posibilidad de implementar inventarios que permitan abastecer los procesos de mantenimiento. (Sierra Gonzales, 2013).

Análisis General de la Gestión de Mantenimiento Preventivo

Se brinda información relacionada con el mantenimiento preventivo y sus aplicaciones, entendiéndose este como una introducción al uso del mismo con el propósito de prevenir el surgimiento de fallos en la maquinaria y/o equipos.

Introducción al Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es el compilado de actividades o procedimientos programados y encargados de prever la ocurrencia de fallas. Las acciones principales de estas operaciones están centradas en la lubricación, revisión de niveles de los diferentes fluidos, limpieza, recambio planificado de piezas y ajustes en el equipo; estas actividades son realizados de manera periódica, se controlan basándose en el registro de tiempo y son establecidos mediante toma y comparación de medidas, inspecciones y el control de las condiciones de los mecanismos.

Para aplicar el mantenimiento preventivo es necesario determinar de manera previa un plan en el que se indiquen las tareas que deben ser realizadas y también la periodicidad con que se van a ejecutar. Esta planificación debe ser llevada a cabo por la persona responsable de los mantenimientos dentro de la empresa y del personal técnico a su cargo, ejecutando el plan periódico con el que realizaran las actividades necesarias para reducir o eliminar las averías imprevistas que las maquinas o equipos puedan presentar. Este plan de mantenimiento preventivo debe realizarse de manera individual para cada uno de los equipos o máquinas de la empresa(Medrano Marquez et al., 2017).

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es la suma de las actividades de supervisión planificadas, reguladas, proyectadas y constantes, así como la distribución prevista de labores que son ineludibles, que se realizan en los diferentes equipos, máquinas, he instalaciones, con la finalidad de permitir un mayor tiempo de operación en forma continua y reducir los casos de emergencias.

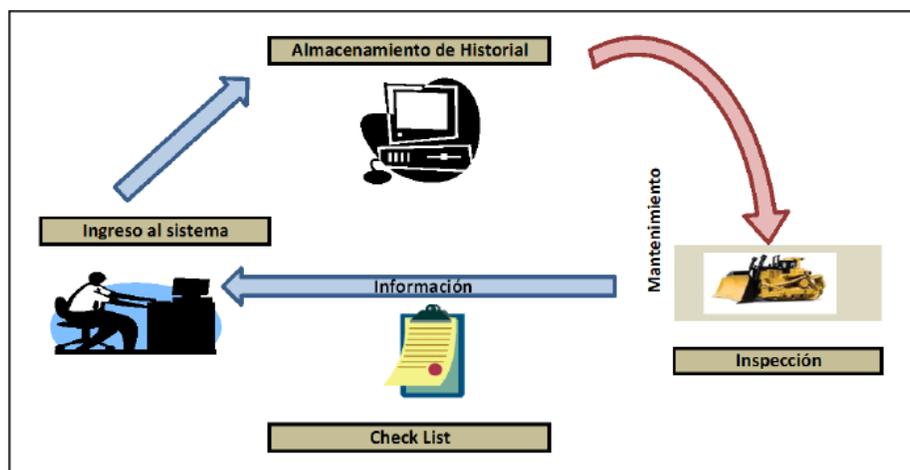
Al implementar el plan de mantenimiento en cada uno de los equipos, este deberá pasar a un proceso de inspección realizado por los técnicos, mientras que la calibración y limpieza de los mismos es responsabilidad de los operadores, como también el notificar si el equipo o máquina presenta algún fallo (Medrano Marquez et al., 2017).

Lo que se pretende con el mantenimiento preventivo es reducir al mínimo las interrupciones, así como también la depreciación excesiva de los activos fijos de las empresas, la conservación de las máquinas, equipos o instalaciones, como también que permanezcan en condiciones óptimas de operación. Como se ha mencionado la intervención de este tipo de mantenimiento es prevista, programada o preparada antes de la probable fecha de reparación de una falla. Por tanto, implementar un sistema de mantenimiento preventivo permite detectar el origen de las posibles fallas en lugar de repararlas cuando ya se han producido.

Para que la aplicación del mismo sea costeable para la empresa; este deberá estar bien planeado y aplicarse de forma correcta, por tal motivo todo programa de mantenimiento preventivo debe estar en continua revisión, con la finalidad de hacerlo más eficiente (Medrano Marquez et al., 2017).

Figura 6

Ciclo del mantenimiento preventivo.



Se observa el ciclo lógico de la gestión de mantenimiento preventivo. Tomado de (Martínez Calizaya, 2012)

Objetivos del mantenimiento preventivo

Como principal objetivo tiene la conservación de maquinaria, equipos o instalaciones, por medio de un proceso concebido de una forma organizada que implica la realización de revisiones periódicas y reparaciones con la finalidad de ser garante del buen funcionamiento y fiabilidad de esos elementos.

El mantenimiento preventivo se caracteriza por realizarse en equipos que están en funcionamiento, al contrario del correctivo que está enfocado en reparaciones sobre el fallo.

Otro de los objetivos del mantenimiento preventivo es la mitigación de fallas, que sean causales de la discontinuidad de operación de los equipos, logrando de esta forma prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Este tipo de mantenimiento involucra acciones como cambio de piezas que presenten desgaste, revisión de niveles de fluidos en las máquinas y cambio de los mismos, lubricación de los elementos de los equipos, medición y comparación de parámetros, etc. (Acevedo Dardon, 2018).

Características del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se define como un conjunto de actividades, que son realizadas a partir de la observación de las máquinas, equipos o propiedades de la empresa. esta inspección debe tener una periodicidad cíclica y repetitiva con una frecuencia determinada con miras a prevenir posibles fallas.

Los componentes de un plan de mantenimiento preventivo son:

- Nombre y número de identificación de la máquina
- Determinar si el control se llevará por fecha o lecturas
- Definir las partes y sub partes del equipo que requieren ser incluidas
- Establecer las actividades del mantenimiento que deben efectuarse a cada parte y subparte

- Precisar la frecuencia con la que debe realizarse cada una de las actividades, en qué casos específicos podría ser necesario decidir a qué componente del equipo debe asignársele una vida útil, y de cuánto tiempo deberá ser esta.
- La especialidad de quién realiza la actividad
- Establecer la prioridad de la actividad
- Contar con un cronograma que contenga imágenes de las partes críticas a inspeccionar
- Tener claros los criterios de la revisión y métodos a realizar para cada caso.
- Tener en cuenta que, si las fechas de las inspecciones se ejecutan fuera de tiempo, se deben realizar los comentarios o hallazgos que se detecten, así como una nueva reprogramación de revisión.
- La frecuencia en la revisión de los equipos o componentes puede ajustarse conforme el historial de los mismos o la experiencia del personal de mantenimiento
(Medrano Marquez et al., 2017)

Actividades Principales del Mantenimiento Preventivo

Las actividades principales del mantenimiento preventivo, que son aplicadas a los diferentes equipos y máquinas radican principalmente en:

Figura 7

Actividades principales del mantenimiento



Este esquema muestra los pilares fundamentales sobre los que se posa el mantenimiento. Elaboración propia adaptada de (Medrano Marquez et al., 2017)

Limpieza.

Este es un proceso periódico que consiste en mantener los equipos y/o maquinarias libres de impurezas que imposibiliten su buen funcionamiento.

Inspección y revisión.

Se basan en la observación de los equipos y/o maquinarias para obtener información sobre su estado físico o funcionamiento.

Ajuste o calibración.

Corrección de las afectaciones sufridas por los equipos y/o maquinarias o de alguna de sus partes, ocasionadas por el uso

Cambio de piezas.

Consiste en el reemplazo de componentes que hayan cumplido su periodo de vida útil, por otros de las mismas características y en buenas condiciones de funcionamiento

Lubricación.

Aplicación de lubricantes en intervalos normales y atendiendo a las condiciones del fabricante (Medrano Marquez et al., 2017)

Aplicabilidad del Mantenimiento Preventivo

Mientras la industria cuente con un gran número de máquinas y trabaje de manera más automatizada, mayor será la necesidad de aplicar el mantenimiento preventivo, éste resulta indispensable cuando la operación normal de los equipos, máquinas e instalaciones se encuentran en riesgo o coloquen en peligro la seguridad del personal de la empresa y de la comunidad donde esté ubicada la organización, si no existe este riesgo, la aplicabilidad de este tipo de actividad se determina mediante estimaciones o estudios relacionados o racionales del aspecto económico que es considerado el objetivo básico del mismo, el cual es reducir los costos.

En la actualidad algunas empresas llevan a cabo el mantenimiento preventivo conforme a un programa y cronograma establecido que busca afectar lo menos posible la producción, por ello, subcontratan a terceros para realizar ese trabajo de acuerdo a una previa planeación, de esta forma consiguen optimizar los recursos económicos, humanos y materiales, determinando de esta manera que se realice en menos tiempo, además debe asegurar que las refacciones sean las adecuadas, así como las herramientas y la cantidad de técnicos y supervisores que intervienen en el proceso (Medrano Marquez et al., 2017).

Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo

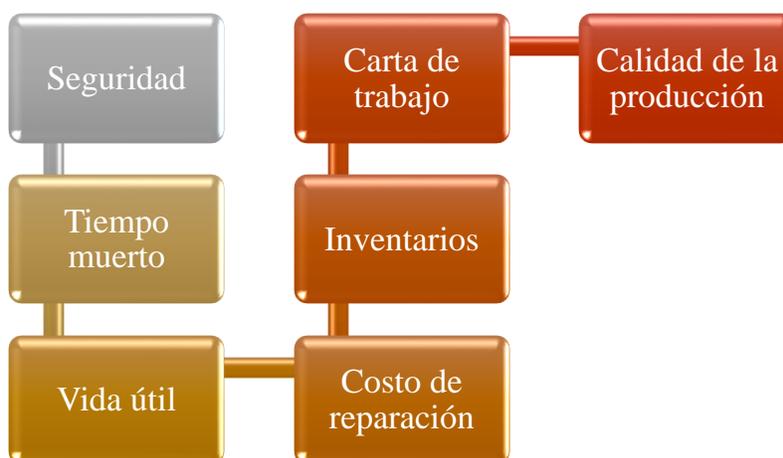
Ventajas del mantenimiento preventivo

Un programa de mantenimiento preventivo se establece tomando como referente las actividades efectuadas por el mantenimiento correctivo, tales como tiempos de operación de los equipos y los costos de mantenimiento.

Como ya se ha indicado, el principal objetivo del mantenimiento preventivo es la reducción de costos, hay varias formas de conseguir esto, pero las ventajas que se mostraran a continuación no necesariamente aplican para todos los casos, ni en todas las empresas.

Figura 8

Ventajas del mantenimiento preventivo



Esta figura muestra las ventajas del mantenimiento preventivo de forma interconectada. Elaboración propia adaptada (Medrano Marquez et al., 2017)

Seguridad. Los activos físicos de una empresa sujetos a mantenimientos preventivos operan en mejores condiciones de seguridad debido a que hay mayor conocimiento de su estado físico, así como también de sus condiciones de operación; por lo que se previenen los accidentes que suelen presentarse por daños en accesorios o botoneras de los equipos.

Tiempo muerto. Es posible eliminar o reducir al máximo el tiempo que las máquinas o equipos quedan fuera de servicio debido a alguna falla que genere detención; incluso, se puede reducir el tiempo muerto del personal de otro departamento, esto se logra planeando y realizando las actividades de mantenimiento en el horario de comida de los operadores, horarios en los que la empresa está cerrada o cuando la producción no se va afectada por los tiempos de entrega

Vida útil. Los equipos sujetos a un sistema de mantenimiento preventivo tienen como tendencia una vida útil mayor a la que tendrían con un sistema de mantenimiento correctivo, ya que sus componentes son reemplazados antes de que se presente el daño total y así las máquinas y equipos se mantienen en óptimas condiciones.

Costo de reparación. Con un programa de mantenimiento preventivo se consigue un menor costo por conceptos de reparaciones. Cuando se da espera a que una parte o pieza del equipo falle durante las operaciones, ocasiona que se dañen otras piezas o partes del equipo y/o maquinaria, y, por ende, aumenta el costo de reparación. Prever las posibles fallas disminuirá los costos de las reparaciones de los equipos, los tiempos de detención de la producción y la reducción en los tiempos en la intervención, así como el personal requerido para tal actividad.

Inventarios. Es posible reducir el costo del inventario en refacciones, al programar en forma más precisa la adquisición de las piezas o partes, los insumos de mayor o menor consumo, también se evita el sobre costo destinado al almacenamiento o daño de material por acumulación innecesaria.

Carta de trabajo. La carta de trabajo del personal de mantenimiento es más uniforme, lo que trae como consecuencia menor tiempo extra y tiempos muertos de los técnicos. Asimismo, el mantenimiento preventivo también permite programar el trabajo con otros departamentos de la empresa con el propósito de optimizar el tiempo y los recursos.

Calidad de la producción. Se puede esperar un mejor control de la calidad de los productos y, por ende, una buena producción, lo que implica menos pérdidas por desperfectos, lo que se traduce en mayores ingresos para la empresa.

Desventajas del mantenimiento preventivo.

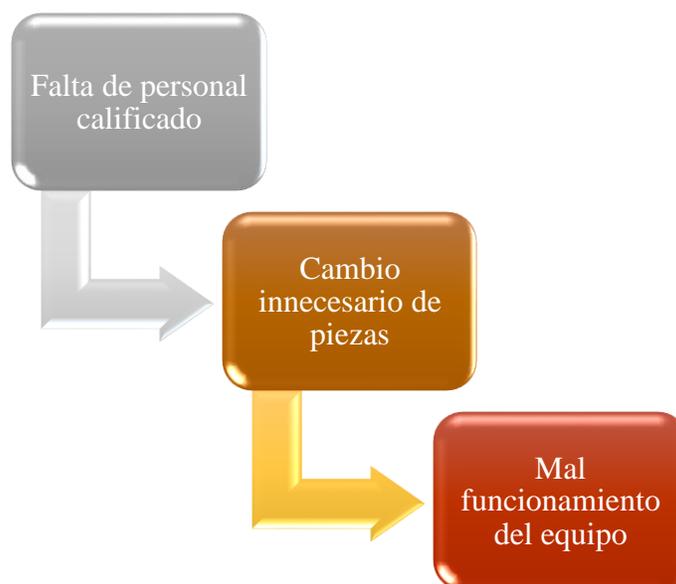
La principal desventaja del mantenimiento preventivo consiste en que su implementación puede llegar a ser muy costosa para la empresa, también existen otras posibles desventajas como son la

falta de personal calificado, el cambio innecesario de piezas y el mal funcionamiento del equipo.

A continuación, se describen:

Figura 8

Desventajas del mantenimiento preventivo



En la figura se puede observar las desventajas del mantenimiento preventivo. Elaboración propia adaptada (Medrano Marquez et al., 2017)

Falta de personal calificado. Cuando el personal no está calificado trae como consecuencia malos resultados, tales como, intervenir los equipos y luego no tener la capacidad para tomar decisiones adecuadas que pueden llegar a resultar contraproducentes para la empresa.

Cambio innecesario de piezas. El hecho de cambiar las piezas antes de agotar la vida útil es un mayor gasto en refacciones de manera innecesaria que se traduce en un gasto para la empresa.

Mal funcionamiento del equipo. Intervenir equipos de manera inadecuada y/o en forma deficiente, o no dar cumplimiento al plan de mantenimiento establecido, puede ocasionar mal funcionamiento de los mismos afectando de manera negativa los activos de la empresa.

Cuestionamientos Bases para un Programa de Mantenimiento Preventivo

Para implementar un buen programa de mantenimiento preventivo se recomienda empezar a eliminar o reducir las actividades innecesarias de mantenimiento. Antes de diseñar un programa sobre el tema es necesario hacer un planteamiento de una serie de situaciones o preguntas relacionadas con los siguientes aspectos (Medrano Marquez et al., 2017):

Estandarización.

- ¿El equipo siempre debe estar disponible?
- ¿Hay disponibilidad de otros equipos similares?
- ¿Cuál es el problema que presentan los equipos?
- ¿El personal disponible es suficiente para dar mantenimiento a los equipos?
- ¿Los procedimientos actuales son compatibles con las necesidades del mantenimiento?
- ¿En todos los turnos se cuenta con personal calificado para atender una falla?

Fiabilidad y Maleabilidad

- ¿El equipo tiene el funcionamiento esperado?
- ¿Cuáles son las garantías que ofrece el equipo?
- ¿Cuál es el índice de confiabilidad del equipo o su resistencia a las fallas?
- ¿Cuáles son las posibilidades de reparación del equipo?

Partes que requieren algún tipo de servicio

- ¿Existe una relación de las partes que requieren de algún tipo de servicio o sustitución?
- ¿Cuál es el costo de las partes averiadas en relación con el costo del equipo?
- ¿Qué partes pueden ser reutilizables?
- ¿Qué partes pueden ser adquiridas con otros proveedores?
- ¿La pieza o refacción es de alta calidad?, ¿Cuánta con alguna característica en especial?, ¿es muy costosa?

- ¿Existe una lista de proveedores que cumplan con las especificaciones requeridas?

Capacitación

- ¿Es necesario realizar algún tipo de entrenamiento técnico?
- ¿La capacitación o entrenamiento será proporcionada por el proveedor?
- ¿La capacitación se realizará de forma interna o externa?

Documentación

Es necesario contar con todos los manuales técnicos que incluyan información acerca de:

- Instalación
- Funcionamiento
- Mantenimiento correctivo y preventivo
- Partes
- Planos
- Circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos y mecánicos.

Herramientas especiales y equipos de prueba

- ¿Cuenta con las herramientas necesarias y con el equipo de prueba?
- ¿Se está en capacidad de prever o detectar las posibles fallas en su fase inicial?
- ¿Cuenta con procedimientos de calibración?
- ¿Dispone de las actualizaciones o licencias de los programas o escáneres?

Seguridad

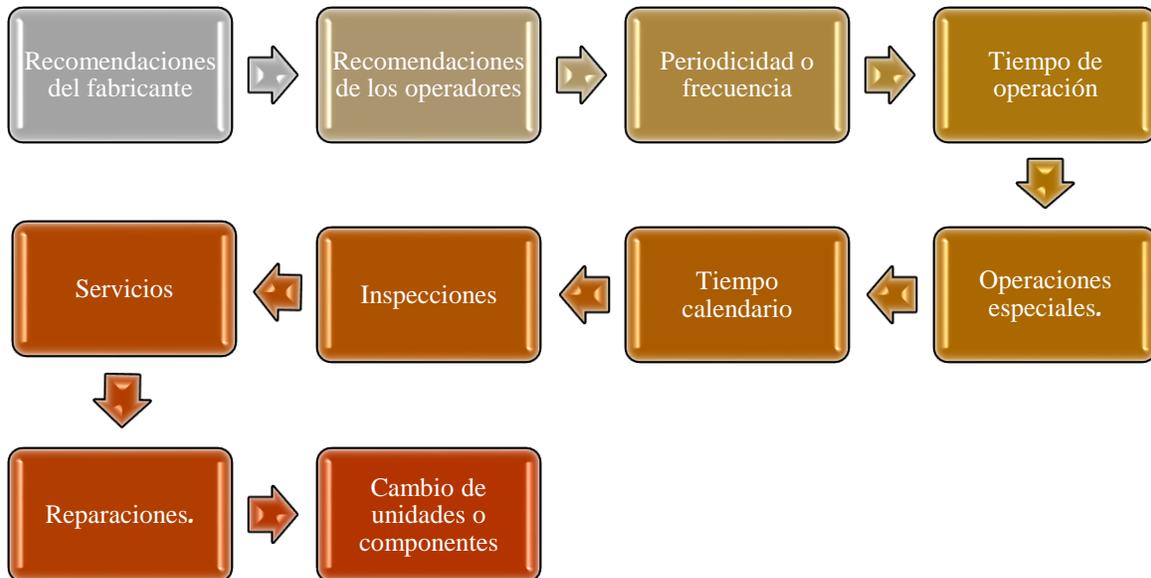
- ¿Se requiere aplicar procedimientos esenciales, como, por ejemplo, de las SCA, OSHA, EPA y otros?
- ¿Se precisa tomar precauciones especiales?
- ¿Se necesita equipo especial de seguridad para trabajos en alturas o confinamientos?
- ¿Se cuenta con la capacitación para atender una emergencia por accidente?

Recomendaciones para Determinar un Plan de Mantenimiento Preventivo

Para realizar planes de mantenimiento preventivo es necesario establecer algunos aspectos relacionados con los temas que se expondrán a continuación.

Figura 10

Recomendaciones para plan de mantenimiento



La figura muestra las recomendaciones que podrían definirse como más importantes antes realizar un plan de mantenimiento. Elaboración propia adaptada (Medrano Marquez et al., 2017).

Recomendaciones del fabricante.

Los fabricantes deben proporcionar los manuales de los equipos y máquinas, estos manuales ofrecen recomendaciones en relación al mantenimiento de los mismos, así como boletines e información de las fallas más comunes y la manera de corregirlas en condiciones de operación normal, lo que a veces resulta un término bastante impreciso, a menos que los fabricantes especifiquen cuáles son las condiciones de operación normal de los equipos.

Toda información que el fabricante, constructor o proveedor del equipo proporcione, y este en poder de una persona con experiencia en mantenimiento, resulta muy útil.

Si no se cuenta con los manuales, es recomendable solicitarlo al proveedor de los equipos o en su defecto recabar toda la información relevante dentro de la empresa, elaborando planos de cada elemento, así como las especificaciones que permitan simplificar su localización y reemplazo cuando se requiera (Medrano Marquez et al., 2017).

Recomendaciones de los operadores

La experiencia de los operadores de los equipos y/o máquinas resulta ser de gran utilidad debido a que conocen como se comporta el equipo en condiciones normales de operación. Ellos pueden detectar ruidos, incremento en temperatura de los equipos, vibraciones, por lo que sus recomendaciones serán muy útiles ante la posibilidad de que se produzca algún desperfecto o falla en dichos equipos (Medrano Marquez et al., 2017).

Periodicidad o frecuencia.

Para determinar la periodicidad o la frecuencia del mantenimiento es necesario medir el tiempo de operación, ya que la mayoría de los componentes de los equipos sufren un deterioro por el uso. Se puede iniciar teniendo en cuenta la información del fabricante, hacer uso de la hoja de vida o historial de la máquina a partir de las fechas en las cuales se realizaron los cambios de las piezas por desgaste o falla, esta información es de gran utilidad al momento de tomar decisiones acertadas. En algunos equipos el desgaste o deterioro no depende del tiempo de operación del equipo, sino de un determinado número de operaciones especiales, como por ejemplo las máquinas troqueladoras, cizallas, máquinas de inyección, centros de maquinado y roladoras, entre otras.(Medrano Marquez et al., 2017).

Tiempo de operación.

Este se comienza a contabilizar cuando la maquinaria, equipo o instalación empieza a operar y termina cuando se acumula una determinada cantidad de horas, después se realiza el mantenimiento y queda listo para un nuevo ciclo de operación. El tiempo acumulado comprende

únicamente el lapso en el que la máquina, equipo o instalación ha estado en operación.(Medrano Marquez et al., 2017).

Operaciones especiales.

En equipos, máquinas o instalaciones complejas existen algunos componentes cuyo desgaste depende sobre todo de ciertas operaciones especiales; tal es el caso de:

- Los motores de arranque, en este caso el deterioro se determina por el número de arranques y no por el tiempo de operación del equipo.
- Las llantas de un avión, aquí el desgaste está determinado por el número de despegues y aterrizajes y no por el número de horas de vuelo de la aeronave.(Medrano Marquez et al., 2017).

Tiempo calendario

A la mayoría del equipo se les puede llevar un control por días calendario desde el momento en que son instalados. La mayor parte de los programas de mantenimiento se programan para las 52 semanas del año, ya sea en forma semanal, quincenal, mensual, semestral o anual. O de acuerdo con el periodo de inspección que se asigne.(Medrano Marquez et al., 2017).

Inspecciones

Se debe determinar lo que va a inspeccionarse y la frecuencia con la que se va a realizarse, esto es un punto crítico, pues de eso depende el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento preventivo.

A continuación, se refiere una guía de lo que debe inspeccionarse:

- Todo equipo que sea susceptible a sufrir una falla mecánica progresiva, como, por ejemplo: desgaste, corrosión, vibración.

- Los elementos reguladores de todo lo que funcione con características controladas de voltaje, amperaje o resistencia, fuerza, tensión mecánica, precisión y holgura mecánica entre otras.
- Todo lo que sea susceptible de tener fugas, como los sistemas de combustibles, tuberías de distribución de fluidos, sistemas neumáticos y los sistemas hidráulicos.
- Lo que haya tenido alguna variación que lo deje fuera de ciertos límites y pueda ocasionar fallas, como concentración de electrolitos, niveles de depósitos de abastecimiento y niveles en general.
- Todo lo que pueda fallar debido a la acumulación de materias extrañas como depósitos y resumidores de tanques, los filtros, separadores de agua y ventiladores.(Medrano Marquez et al., 2017).

Servicios

Se define como los trabajos de mantenimiento sin los cuales es imposible mantener el buen funcionamiento de los equipos o la buena apariencia de los mismos, se consideran como servicios las siguientes actividades:

- Lubricación
- Pintura
- Tratamiento anti corrosivo
- Limpieza
- Revisión o carga de fluidos.(Medrano Marquez et al., 2017).

Reparaciones

Comprende todos los trabajos que se realizan para corregir fallas, sin cambio de unidades. Estos trabajos se agrupan en las siguientes actividades:

- Enderezado de piezas
- Ajuste
- Soldadura(Medrano Marquez et al., 2017).

Cambio de unidades o componentes

Es importante definir las unidades o componentes de un equipo e instalación que deben cambiarse después de haber operado durante cierto tiempo, para esto es indispensable determinar el periodo de operación; a este tiempo de operación se le llama vida útil del equipo y se mide en:

- Horas de operación
- Tiempo calendario (días, semanas o meses)
- Número de operaciones especiales.(Medrano Marquez et al., 2017).

Resultados de la Gestión de Mantenimiento Preventivo Aplicado en la Industria

Existe en la industria ejemplos de empresas que han obtenido resultados positivos después de implementar la gestión de mantenimiento preventivo, a continuación, se pueden observar unos ejemplos de algunas de estas compañías.

Empresa JNIGECE S.A.C

En este caso en particular la empresa JNIGECE S.A.C hace un estudio de las virtudes que le presta el mantenimiento preventivo al aplicarlo a la máquina soldadora referencia R-330DC y se obtienen los siguientes datos comparativos(Curi Castro, 2017).

Productividad

A continuación se muestra el comparativo de la producción de la máquina soldadora antes y después de que se implementara el sistema de gestión de mantenimiento en la empresa JNIGECE S.A.C(Curi Castro, 2017)

Tabla 2

Comparativa de la productividad antes y después en la empresa JNIGECE S.A.C

		Estadístico	Error Estándar
	Media	,3183	,0387
	95% de Intervalo de Confianza para la Media	Límite inferior Límite superior	,2385 ,3982
	Media Recortada al 5%	,3167	
Productividad-Pre	Mediana	,1388	
	Varianza	,0390	
	Desviación Estándar	,1977	
	Mínimo	,1390	
	Máximo	,5280	
	Rango	,3890	
	Rango Intercuartil	,3890	
	Asimetría	,1640	,4560
	Curtosis	-2,1450	,8870

	Media		,4230	,0344
	95% de Intervalo de Confianza para la Media	Límite inferior	,3520	
		Límite superior	,4941	
	Media Recortada al 5%		,4330	
Productividad- Post	Mediana		,5277	
	Varianza		,0310	
	Desviación Estándar		,1759	
	Mínimo		,1390	
	Máximo		,5280	
	Rango		,3890	
	Rango Intercuartil		,3890	
	Asimetría		-1,105	,4560
	Curtosis		-,8500	,8870

Cuadro estadístico que muestra el comparativo de información. Obtenido de (Curi Castro, 2017).

Se puede apreciar que los datos arrojan una media de 0.31838 antes de que se implementara el mantenimiento preventivo, y luego de implementarse el mantenimiento preventivo se observa una media de 0,42308. Esto indica claramente un incremento del (33%) en la productividad tras la implementación de la gestión del mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C(Curi Castro, 2017).

Eficiencia

A continuación, se puede evidenciar la eficiencia antes y después de que se implementara la gestión de mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C.

Tabla 3*Comparativa de la eficiencia antes y después en la empresa JNIGECE S.A.C*

			Estadístico	Error Estándar
Eficiencia -Pre	Media		,5897	,0373
	95% de Intervalo de Confianza para la Media	Límite inferior	,5127	
		Límite superior	,6667	
	Media Recortada al 5%		,5881	
	Mediana		,4166	
	Varianza		,0360	
	Desviación Estándar		,1906	
	Mínimo		,4170	
	Máximo		,7920	
	Rango		,3750	
	Rango Intercuartil		,3750	
	Asimetría		,1640	,4560
	Curtosis		-2,1450	,8870
	Eficiencia-Post	Media		,6907
95% de Intervalo de Confianza para la Media		Límite inferior	,6221	
		Límite superior	,7592	
Media Recortada al 5%			,7003	
Mediana			,7916	
Varianza			,0290	
Desviación Estándar			,1696	
Mínimo			,4170	
Máximo			,7920	
Rango			,3750	
Rango Intercuartil			,3750	
Asimetría			-1,105	,4560
Curtosis			-,8500	,8870

Cuadro estadístico que muestra el comparativo de información. Obtenido de (Curi Castro, 2017).

La media de los datos obtenidos antes del mantenimiento preventivo es de 0.58974 y después de realizarse el mismo aumento a 0.69071, esto demuestra que la eficiencia aumento tras la

implementación de un mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C (Curi Castro, 2017).

Eficacia

Continuando con el tema, se observa cómo era la eficacia de la máquina soldadora antes y después de la implementación de la gestión del mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C (Curi Castro, 2017).

Tabla 4

Comparativa de la eficacia antes y después en la empresa JNIGECE S.A.C

		Estadístico	Error Estándar	
Eficacia -Pre	Media	,4871	,0332	
	95% de Intervalo de Confianza para la Media	Límite inferior	,4187	
		Límite superior	,5556	
	Media Recortada al 5%	,4857		
	Mediana	,3333		
	Varianza	,0290		
	Desviación Estándar	,1694		
	Mínimo	,3330		
	Máximo	,6670		
	Rango	,3330		
	Rango Intercuartil	,3330		
	Asimetría	,1640	,4560	
	Curtosis	-2,1450	,8870	
	Eficacia -Post	Media	,5769	,0295
95% de Intervalo de Confianza para la Media		Límite inferior	,5160	
		Límite superior	,6378	
Media Recortada al 5%		,5854		
Mediana		,6666		
Varianza		,0230		
Desviación Estándar		,1507		
Mínimo		,3333		
Máximo		,6670		
Rango		,3330		
Rango Intercuartil		,3330		
Asimetría		-1,105	,4560	
Curtosis		-,8500	,8870	

Cuadro estadístico que muestra el comparativo de información (Curi Castro, 2017)

Como se puede observar, la medida de los datos obtenidos antes de aplicar mantenimiento preventivo al equipo soldador era de 0.48718 y después de su aplicación el resultado fue de 0.57692. Por tal motivo se puede decir que la eficacia del equipo a aumento tras la implementación de un sistema de gestión del mantenimiento preventivo en la empresa (Curi Castro, 2017).

Conclusión del resultado de la implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C

El autor de esta investigación sobre la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa JNIGECE S.A.C., específicamente aplicado a la máquina soldadora R-330DC, demuestra claramente las bondades del mismo por medio de la información obtenida respecto a la productividad de la maquina soldadora antes de implementar el mantenimiento preventivo el cual era del 32% y luego de implementarlo este porcentaje subió al 42% mostrando un aumento en la productividad del 31%.

También se aprecia que a través del mantenimiento preventivo se aumenta la eficiencia en un 17%. Antes de aplicar el mantenimiento preventivo la eficiencia era de 59% y después de que se aplicó la eficiencia aumento aun 69%.

Por último, el autor de esta investigación demostró que atreves del mantenimiento preventivo aumenta la eficacia la cual es de un 49% antes de aplicar el mantenimiento preventivo y 58% después que se aplicó, claramente se ve una ganancia del 18% en la eficacia con la aplicación del plan de gestión del mantenimiento preventivo.

(Curi Castro, 2017)

Empresa BODSERG S.A.C

El objetivo general que tuvo la autora (Roncal Vásquez, 2020) en esta investigación, fue determinar el efecto del plan de mantenimiento preventivo en la productividad de la empresa

comercializadora y servicios BODSERG S.A.C. Paiján, para lo cual elaboró una investigación de tipo aplicada con un diseño pre experimental, donde la población estaba conformada por una flota vehicular de 12 tráileres pertenecientes a la empresa. Las técnicas empleadas dentro de la investigación son la encuesta, el análisis documental y la observación, mientras que los instrumentos empleados fueron el cuestionario, registro de recolección de las horas de trabajo y el check-list de mantenimiento; con los cuales se recopilaron los datos necesarios en él antes y después a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Productividad.

A continuación, se muestra el comparativo que realizó la autora (Roncal Vásquez, 2020) respecto a la productividad de la flota de tráileres, esta medida se obtiene multiplicando la eficiencia y la eficacia, de esta forma consigue la medida de la productividad antes y después de que se implementara el sistema de gestión de mantenimiento en la empresa BODSERG S.A.C.

Tabla 5

Comparativa de la productividad antes y después en la empresa BODSERG S.A.C

Semanas	Productividad Antes %	Productividad Después %	Aumento %
Semana-1	45	66	21
Semana-2	46	63	18
Semana-3	50	66	16
Semana-4	47	63	16
Semana-5	55	61	6
Semana-6	63	65	3
Semana-7	46	66	19
Semana-8	46	63	17
Promedio	50	64	14

muestra los porcentajes de productividad antes y después de implementar un plan de mantenimiento preventivo. Tomado de (Roncal Vásquez, 2020).

En esta tabla se puede apreciar de acuerdo a los datos obtenidos que la productividad antes de que se implementara el mantenimiento preventivo era del 50%, y después de implementarse paso a 64%. Esto indica claramente un incremento 14% en la productividad tras la implementación de la gestión del mantenimiento preventivo en la empresa (Roncal Vásquez, 2020).

Eficiencia

A continuación, se puede evidenciar la eficiencia de la flota de tráileres, la cual es medida por el tiempo que fueron usados los tráileres, multiplicado por el tiempo programado para utilizarlos de acuerdo a lo previsto. Estas medidas fueron tomadas antes y después de que se implementara la gestión de mantenimiento preventivo en la empresa BODSERG S.A.C

Tabla 6

Comparativa de la eficiencia antes y después en la empresa BODSERG S.A.C

Semanas	Eficiencia Antes %	Eficiencia Después %	Aumento %
Semana-1	66	79	19
Semana-2	71	79	11
Semana-3	71	82	15
Semana-4	67	79	17
Semana-5	73	78	6
Semana-6	78	80	2
Semana-7	66	79	19
Semana-8	67	79	17
Promedio	70	79	13

muestra los porcentajes de eficiencia antes y después de implementar un plan de mantenimiento preventivo. Adaptado de (Roncal Vásquez, 2020).

Se detalla la eficiencia de los 12 tráileres utilizados durante 8 semanas, de las cuales las primeras 4 semanas tuvieron un porcentaje de eficiencia del 70%. Para el siguiente periodo de 4 semanas

cuando se implementa el plan de mantenimiento preventivo se obtiene una eficiencia del 79% que permite ver un incremento de la eficiencia del 13%(Roncal Vásquez, 2020).

Eficacia

La autora (Roncal Vásquez, 2020), midió la eficacia de la flota de tráileres teniendo en cuenta la cantidad de viajes realizados, multiplicados por la cantidad de servicios programados; es decir la cantidad de veces que debían viajar los tráileres. Estas medidas fueron tomadas antes y después de realizar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 7

Comparativa de la eficacia antes y después en la empresa BODSERG S.A.C

Semanas	Eficacia Antes %	Eficacia Después %	Aumento %
Semana-1	69	83	20
Semana-2	64	80	25
Semana-3	70	80	14
Semana-4	70	80	14
Semana-5	76	79	4
Semana-6	80	82	2
Semana-7	70	83	18
Semana-8	69	80	15
Promedio	71	81	14

Se muestra los porcentajes de eficacia antes y después de implementar un plan de mantenimiento preventivo. Adaptado de (Roncal Vásquez, 2020).

Los datos arrojan que la eficacia antes de que se implementara el mantenimiento preventivo era del 71%, y después de implementarse paso a 81%. Esto indica claramente un incremento 14% en la productividad tras la implementación de la gestión del mantenimiento preventivo en la empresa(Roncal Vásquez, 2020).

Conclusión del Resultado de la Implementación de un Plan de Gestión de Mantenimiento en la Empresa BODSERG S.A.C.

Esta investigación sobre la implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa BODSERG S.A.C., específicamente aplicado a una flota de 12 tráileres en un tiempo de 8 semanas. Durante el periodo inicial de 4 semanas se tomaron medidas de la productividad de los tráileres antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo, en las 4 semanas siguientes se ejecutó esa actividad en la flota de tráileres, demostrando claramente los beneficios de la gestión de mantenimiento preventivo, por medio de la información obtenida respecto a la productividad de la flota de tráileres antes de implementar el mantenimiento preventivo la cual era del 50% y luego de implementarlo este porcentaje se incrementó al 64% mostrando un aumento en la producción del 14%.

También es notable que a través del mantenimiento preventivo se aumenta la eficiencia en un 13%, antes de aplicarlo era de 70%, y después de su implementación aumento al 79%.

Por último, la autora de esta investigación demostró que mediante la implementación del mantenimiento preventivo aumento la eficacia, la cual era de un 71% antes de aplicarlo, pasando a un 81% después que este fuera realizado, el incremento es del 14% en lo que representa una ganancia para la empresa BODSERG S.A.C.

Conclusión

Es concluyente que mediante la implementación de una adecuada gestión de mantenimiento preventivo se evitan paradas de producción o sobrecostos en las reparaciones de máquinas, equipos o instalaciones. Además, es muy importante contar con el personal capacitado en el mantenimiento de los equipos con los que cuenta la empresa u organización, bien sea que se haga por outsourcing o que se tenga asignado un equipo de mantenimiento dentro de la empresa.

Es importante resaltar que los operarios y en general todo el personal de la empresa juegan un papel fundamental para que cualquier plan de mantenimiento funcione, debido a que ellos son los primeros en estar en contacto y percibir las fallas que puedan llegar a presentar los equipos, máquinas o instalaciones.

Finalmente es indiscutible que el mantenimiento preventivo arroja mejoras en la producción del equipo, si se implementara en todas las maquinarias de la organización se constituiría en una mejora considerable, que al final representa más ingresos para la empresa. Por tanto, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo bien elaborado y ejecutado aporta más beneficios que desventajas a cualquier empresa u organización.

Bibliografía

- Acevedo Dardon, J. M. (2018). Gestión de un programa de mantenimiento preventivo para retroexcavadora case 580 de 98hp, en empresa dedicada a la renta de maquinaria y servicio de la construcción bajo la normativa iso 9001. Eep Fiusac, 97.
- Curi Castro, A. E. (2017). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la máquina de soldar de la empresa jnigece s.a.c., chancay, 2020. In Universidad Andina del Cusco.
- Garcia Garrido, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento.
- Marchena, J. C., Martínez, P. A., Paredes, J. M., & Roldán, C. A. (2019). Diagnóstico operativo empresarial de la empresa unión andina de cementos s.a.a. – unacem.
- Martínez Calizaya, A. (2012). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio de alquiler de maquinaria. 101.
- Medrano Marquez, J. A., Gonzalez Ajuech, V. L., & Diaz de Leon Santiago, V. M. (2017). Mantenimiento técnicas y aplicaciones industriales.
- Roncal Vásquez, M. E. (2020). Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la productividad de la empresa comercializadora y servicios bodserg s.a.c. paján, 2020. Universidad Andina Del Cusco, 83.
- Sáez Gómez, O. A. (2018). Determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento mediante un análisis costo-riesgo de las enfriadoras en el hotel playa cayo santa maría.
- Sánchez, F., & Holguin, K. (2019). Gestión del abastecimiento y su relación con la distribución en la empresa inversiones anny, tarapoto 2018. Universidad César Vallejo, 84.
- Sierra Gonzales, G. A. (2013). Influencia de la gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada en el desempeño laboral de los trabajadores de chacon contratistas generales s.a. 153.
- Tavares, L. (1999). Administración moderna de mantenimiento. Novo Polo Publication-Brasil, 158.
- Villanueva Dounce, E. (2014). La productividad en el mantenimiento industrial (3rd ed.).