



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TÍTULO

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
AUMENTAR LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE LAS
MAQUINARIAS DE LA EMPRESA FERRETERIA OLIVO S.A.C.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO

PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

AUTOR:

RABELO SAAVEDRA CRISTIAN RAÚL

ASESOR:

ING. JAIME ODAR HONORIO ACOSTA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO

TRUJILLO – PERÚ

2016

PÁGINA DEL JURADO



ING. ELMER BOLAÑOS GRAUSS



ING. EDUARDO AZABACHE VÁSQUEZ
CIP 61470



ING. JORGE ANTONIO INCISO VASQUEZ

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres HILDA Y NINO, por su amor, comprensión y enseñanza que han depositado en mi persona.

A mis hermanos Esther, Doménica, Rosa y Luis por estar presentes siempre en cada momento y por brindarme siempre su amistad, en especial a Carlos y Manuel, por su ánimo que me brindan día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales, les agradezco fielmente por el sacrificio de su tiempo y la paciencia, gracias por acompañarme y motivarme en cada momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y haberme guiado para poder alcanzar todos los objetivos y metas que me permite obtener mi título profesional.

A los docentes de la Universidad por el apoyo brindado a lo largo del trabajo de investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Cristian Raúl, Rabelo Saavedra con DNI N° 70298247, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo

Trujillo, Julio - 2016



RABELO SAAVEDRA CRISTIAN RAÚL

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Presento ante ustedes la Tesis titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias de la empresa ferretería Olivo s.a.c.”, En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, con el propósito de cumplir con los requisitos para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Por tanto, considero que el esfuerzo en el desarrollo del presente trabajo, cumpla y satisfaga sus expectativas. Pongo a su consideración este documento para su respectiva evaluación y de esta manera obtener su aprobación.

RABELO SAAVEDRA CRISTIAN RAÚL

INDICE

PAGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	15
1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA.....	17
1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	46
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	46
1.6. HIPOTESIS.....	47
1.7. OBJETIVOS.....	47
II. MÉTODOLOGIA.....	48
2.1. DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN.....	48
2.2. VARIABLES.....	49
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	51
2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	51
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	51
III. RESULTADOS.....	53
IV. DISCUSIÓN.....	90
V. CONCLUSIONES.....	92
VI. RECOMENDACIONES.....	94
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
VIII. ANEXOS.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Motor.....	17
Figura 2: Culata.....	18
Figura 3: Bloque motor.....	18
Figura 4: Carter.....	19
Figura 5: Caja de cambios.....	20
Figura 6: Freno de tambor.....	21
Figura 7: Sistema eléctrico.....	21
Figura 8: Arrancador.....	22
Figura 9: Bujía.....	23
Figura 10: Alternador.....	24
Figura 11: Alimentación.....	24
Figura 12: Carburador.....	25
Figura 13: Sistema de refrigeración.....	26
Figura 14: Sistema de suspensión.....	27
Figura 15: Esquema de engrase por barboteo.....	28
Figura 16: Sistema de dirección.....	28
Figura 17: Neumáticos.....	29
Figura 18: Eficiencia de un proceso en base Six sigma.....	40
Figura 19: Matriz de criticidad.....	42
Figura 20: Matriz de criticidad PEP.....	43
Figura 21: Eficiencia del Six sigma.....	57
Figura 22: Auditoria de la gestión de mantenimiento.....	65
Figura 23: Evaluación de indicadores de mantenimiento.....	80

Figura 24: Six sigma.....	81
Figura 25: Evaluación de costos.....	81
Figura 26: Análisis de criticidad.....	82
Figura 27: Nueva disponibilidad.....	83
Figura 28: Nueva confiabilidad.....	84
Figura 29: Fallas.....	84
Figura 30: Auditoria de la gestión de mantenimiento, con la propuesta del plan de mantenimiento.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evaluación de auditoria.....	36
Tabla 2: Clasificación de la gestión de mantenimiento.....	36
Tabla 3: Clasificación Six sigma.....	41
Tabla 4: Frecuencia de fallas.....	43
Tabla 5: Impacto operacional.....	43
Tabla 6: Flexibilidad operacional.....	44
Tabla 7: Costos de mantenimiento.....	44
Tabla 8: Impacto a la salud y medio ambiente	44
Tabla 9: Muestra.....	51
Tabla 10: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
Tabla 11: Datos de maquinarias.....	54
Tabla 12: Criterio de disponibilidad.....	55
Tabla 13: Criterio de confiabilidad.....	56
Tabla 14: Six sigma.....	58
Tabla 15: Costos de materiales e insumos.....	60
Tabla 16: Costo de mano de obra.....	60
Tabla 17: Costos por paros no planificados.....	60
Tabla 18: Determinación de análisis de criticidad, volquete Jac.....	61
Tabla 19: Determinación de valor crítico.....	61
Tabla 20: Nivel de criticidad de equipos.....	62
Tabla 21: Personal de mantenimiento.....	63
Tabla 22: Auditoria de la gestión de mantenimiento.....	64
Tabla 23: Responsables del mantenimiento.....	66

Tabla 24: Personal requerido.....	73
Tabla 25: Listado de herramientas.....	74
Tabla 26: Listado de máquinas.....	75
Tabla 27: Preparación del mantenimiento.....	76
Tabla 28: Finalización del mantenimiento.....	77
Tabla 29: Símbolo de sucesos, puertas lógicas y transferencias.....	79
Tabla 30: Disponibilidad y confiabilidad con la propuesta de mantenimiento.....	83
Tabla 31: Auditoria de la gestión de mantenimiento, con la propuesta del plan de mantenimiento.....	85
Tabla 32: Eficiencia del área de mantenimiento.....	86
Tabla 33: Costo de evaluación de mantenimiento.....	87
Tabla 34: Ahorro de mantenimiento.....	87
Tabla 35: Beneficio neto.....	88
Tabla 36: Inversión.....	88
Tabla 37: Costo de mantenimiento.....	88
Tabla 38: Determinación de nuevo valor crítico.....	89
Tabla 39: Nivel de criticidad.....	89

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias de la empresa ferretería Olivo s.a.c. quien cuenta con cinco maquinarias, las cuales son: un Cargador Frontal, un Volquete Howo, un Volquete Jac, un Nissan Frontier y un Motocarga.

Esta empresa presenta muchas pérdidas de tiempo, ocasionadas por fallas mecánicas y en algunos casos por fallas humanas. Es por ello que se tomaron acciones para poder reducir esos tiempos muertos que ocasionan pérdidas de clientes y por tanto pérdidas económicas.

La primera parte de la investigación se basó en la evaluación actual de las maquinarias, mediante los indicadores de mantenimiento como: confiabilidad y disponibilidad. Esto se dio a través de los datos del historial de fallas que fueron brindados por la empresa ferretería Olivo s.a.c. Luego se procedió a evaluar el área de mantenimiento mediante la metodología Six sigma, evaluando los defectos que se dieron mes a mes, obteniendo un promedio de eficiencia de 93%.

Se procedió a la evaluación de los costos por mantenimiento correctivo que fue 7701,9 nuevos soles, que se dieron durante el periodo de 10 meses, que comprende: abril 2015 – enero 2016.

También se aplicó el análisis de criticidad a cada maquinaria, evaluando la ponderación según el estado en que se encontraban.

Se procedió a elaborar las hojas de control como: ordenes de trabajo y lista de chequeos. Con el fin de recaudar información para futuras necesidades.

Para el diseño del plan de mantenimiento se tomaron en cuenta los sistemas o partes principales que conforman cada maquinaria, de tal modo que se realice un mantenimiento ordenado, permitiendo desarrollar las actividades de acuerdo a lo programado. Gracias a la propuesta de mantenimiento preventivo los resultados mostraron aumento del 5% en la disponibilidad y 9% de confiabilidad; 1,52% la eficiencia del área de mantenimiento y se produjo un ahorro de 2873,5 nuevos soles.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, Confiabilidad operacional, Disponibilidad

ABSTRACT

This thesis aims to design a preventive maintenance plan to increase the operational reliability of machinery Hardware Company Olivo S.A.C. who has five 5 machines, which are: a front loader, a dump truck Howo, Jac a dump truck, a Nissan Frontier and Motocarga

This company has much loss of time caused by mechanical and in some cases human failures failures. That is why actions were taken to reduce those timeouts that cause loss of customers and therefore economic losses.

The first part of the research was based on the current assessment of machinery, by the maintenance indicators such as reliability and availability. This occurred through the fault history data that were provided by the hardware company Olivo S.A.C. He then proceeded to evaluate the maintenance area by Six sigma methodology, evaluating defects month to month occurred, obtaining an average efficiency of 93%.

We proceeded to the evaluation of the costs for corrective maintenance was 7,701.9 soles that occurred during the period of 10 months, comprising: April 2015 - January 2016.

criticality analysis of each machine was also applied, evaluating the weighting according to the state they were in.

It was drawn up control sheets as work orders and check list. In order to gather information for future needs.

For the design of the maintenance plan they took into account the main systems or parts that make up each machine, so you perform an orderly maintenance, allowing to develop activities according to schedule. Thanks to the proposal preventive maintenance results showed 5% increase in the availability and reliability 9%; 1.52% efficiency in the maintenance area and there was a saving of 2873.5 nuevos soles.

Keywords: Preventive maintenance, Operational reliability, Availability

I. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Hoy en día existen empresas que no cuentan con ningún plan o sistema de mantenimiento que ayude a preservar la vida útil de sus maquinarias. Tal es el caso de la empresa ferretería OLVIO S.A.C. quien se dedica al rubro de alquiler de equipos, al transporte y venta de materiales de construcción (cemento, fierro, clavos, agregados, etc.), quien cuenta con cinco maquinarias, las cuales son: un Cargador Frontal, un Volquete Howo, un Volquete Jac, un Nissan Frontier y un Motocarga.

Presenta pérdidas de tiempo en las entregas de los pedidos como también en el retraso de las operaciones encomendadas, ocasionadas muchas veces por fallas mecánicas como también por fallas humanas.

El personal que labora con los equipos no se encuentra calificados para realizar el mantenimiento y cuidado de cada maquinaria, por lo que sería bueno brindarles charlas de un mantenimiento adecuado y disponer de un facilitador para lograr que las cosas se hagan correctamente.

La empresa ferretería OLIVO S.A.C. no cuenta con ningún proceso que se asocie con la sintonía que existe entre el proceso y los procedimientos para operar las maquinarias.

La empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento, cuenta con herramientas necesarias pero insuficientes para ofrecer un buen mantenimiento, causando que las maquinarias sean llevadas a talleres, produciendo tiempos muertos y en algunos casos pérdidas de contratos que conllevan a pérdidas económicas.

Las maquinarias de la empresa ferretería OLIVO S.A.C. están propensas a que fallen en cualquier momento pues no cuenta con un sistema o plan que asegure la disponibilidad, confiabilidad y cuidado de las maquinarias. A consecuencia de esto, la empresa ferretería OLIVO S.A.C. ha tenido para bien considerar una propuesta de mantenimiento preventivo, con el fin de evitar tiempos muertos y mejorar la vida útil de todas las maquinarias como también brindar buenos servicios a los clientes.

Además que una propuesta de mantenimiento nos ayudaría a tomar una serie de acciones que se aplicarían para el mejoramiento de la empresa.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

BECERRA & BOHORQUEZ (2007), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico, realizado en la Universidad de Cartagena, realizó el “diseño e implementación de una programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Mejía Villegas Constructores S.A.”

Se plantearon como objetivos elaborar un plan de acciones correctivas, implementar sistemas de codificación de equipos, implementar indicadores de gestión de mantenimiento y elaborar la caracterización del proceso de mantenimiento.

En la metodología se utilizó un software implementado de mantenimiento preventivo, que permite capturar la información de códigos de equipos y descripción, también crea ordenes de trabajos donde se cuadran las fechas de programación, incluye información de equipos en los subformularios de oficios y artículos de repuestos y la fecha de cierre de la orden de trabajo.

Tiene como objetivo diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo, que permita aumentar el nivel de rendimiento de las máquinas de tal forma que se conserven en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente que garanticen la prestación de un servicio oportuno el cual se llegó a la conclusión de la reestructuración de la contabilización de lo relacionado al mantenimiento, para tener mayor acceso a toda la información que este implica y poder hacer un mejor análisis de esta.

FIGUEROA Y COLON (2009), en su tesis para obtener el título profesional de Administrador industrial, realizado en la Universidad de Cartagena realizo el “Diseño de un programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados de la empresa CENTTRACAR”. Quien tiene como objetivo Diseñar un programa de mantenimiento preventivo a los equipos de la empresa CENTTRACAR que contribuyan a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos para la prestación de un buen servicio eficiente y oportuno.

Llegando a la conclusión que la implementación de este programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados de la empresa CENTTRACAR es una oportunidad para poder mejorar la prestación de servicio a sus clientes y aumentar la calidad de este. Este programa representará un mecanismo por medio del cual la empresa optimizará su servicio, es decir que no tendrá paradas de producción imprevistas que dificulten el desarrollo y el cumplimiento de trabajos de parte de la misma o riesgos en los operarios y que es fundamental para conservar los equipos de la empresa en una condición segura y funcional.

GOMEZ (2012), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico realizada en la universidad cesar vallejo (Trujillo - Perú) realizó el “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para el taller mecánico de la empresa Transpesa S.A.C.”, trata de un sistema de gestión de mantenimiento para poder mejorar los factores que se encuentran en bajo nivel productivo y así poder restablecerlo, inicialmente se realizó una análisis al anterior sistema, se procedió a analizar la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, productividad, ordenes de trabajo, horas de operación, mantenimiento, horas de tiempo extras por mes y hora hombre por emergencia.

Se llegó a la conclusión, que aumentó la productividad en un 6%, reduciendo las horas extras por parte del personal de mantenimiento en un 2%, e igualmente se hizo con las horas de emergencia y hora hombre por emergencia.

BAZAN (2015), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico realizada en la Universidad César Vallejo (Trujillo - Perú) realizó “Optimización de los procesos en el taller de mantenimiento de transportes Línea s.a. basado en la reducción y eliminación de pérdidas del mantenimiento productivo total (TPM) para minimizar los costos de operación”. Tiene como finalidad reducir costos por operación, crear conciencia preventiva dentro de la organización, elevar la productividad y eficiencia del taller así como mejorar la distribución de las maquinarias, herramientas y equipos de trabajo.

Se llegó a la conclusión del aumento la productividad del taller mediante la reducción de incidentes de las unidades atendidas en taller, esto permitió que la atención en taller aumente de 8 a 12 unidades por día.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. SISTEMAS DEL VEHÍCULO

Es un sistema que se desplaza por un área mediante el impulso suministrado por la fuerza del motor.

Este sistema está compuesto por un chasis que es la parte donde se colocan todos los demás componentes del vehículo como: el motor, suspensión, dirección freno, ejes trasero y delanteros y sistema de transmisión. También una carrocería que transporta las cargas y a los pasajeros. (Arias Paz)

1.3.1.1. Motor

Es la parte más importante del vehículo, pues es quien suministra la fuerza, permitiendo su desplazamiento. Se compone de tres partes importantes

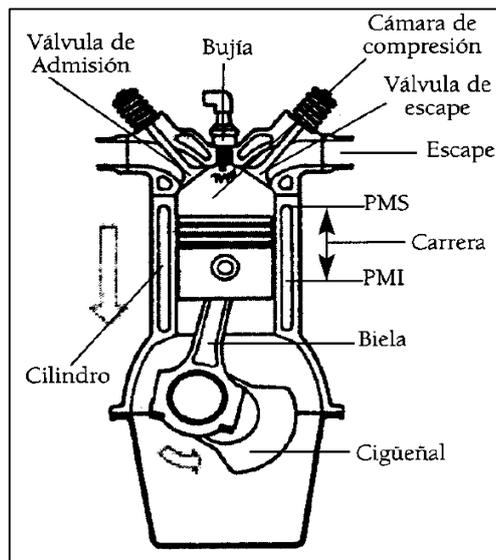


Figura 1: Motor. (Arias Paz)

- **Culata:** es quien cubre el cilindro por arriba. Tiene la forma según la idea del motor. Es una pieza desmontable, y se fija por medio de pernos con tuercas al bloque motor. La culata contiene cámaras de explosión para cada cilindro, encada cámara se encuentran las válvulas de admisión y de escape, y sobre ella se alojan las bujías que provocan la chispa eléctrica. (Arias Paz)

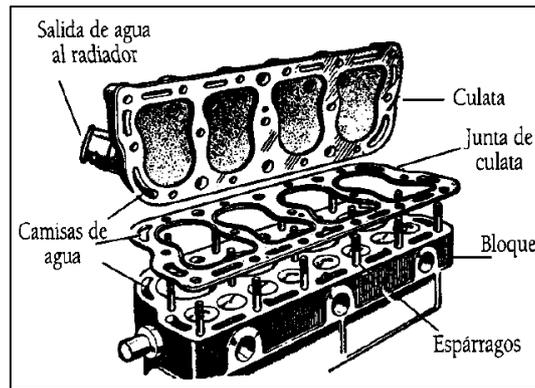


Figura 2: Culata. (Arias Paz)

- **Blocks:** es la pieza que se encuentra en el centro del motor, en ella se alojan los cilindros, las cámaras de refrigeración, el cigüeñal, árbol de levas, por tanto es la parte principal del motor. Pieza central del motor donde se encuentran los cilindros, cámaras de refrigeración, eje cigüeñal, eje de levas, es la parte principal del motor. (Arias Paz)
 - Debe ser una pieza capaz de soportar los esfuerzos originados por la combustión.
 - Debe permitir la evacuación, por parte del calor que es originado por la acción de la combustión.
 - Debe tener condiciones para resistir a la corrosión que podría causar el líquido de refrigeración.

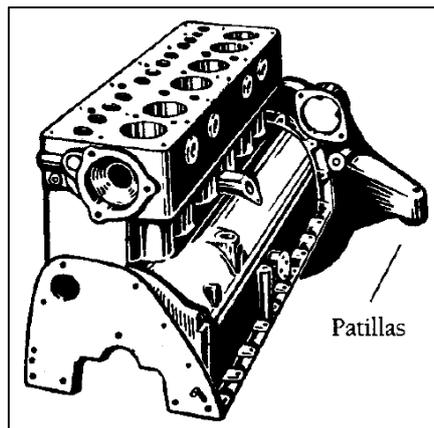


Figura 3: Bloque motor (Arias Paz)

- **Carter:** se encuentra alejado en la parte inferior del motor el cual sirve como un depósito del aceite. Además de servir como apoyo a los cilindros y encierra a los demás componentes del motor, también sirve como protector contra el polvo y el agua. (Arias Paz)

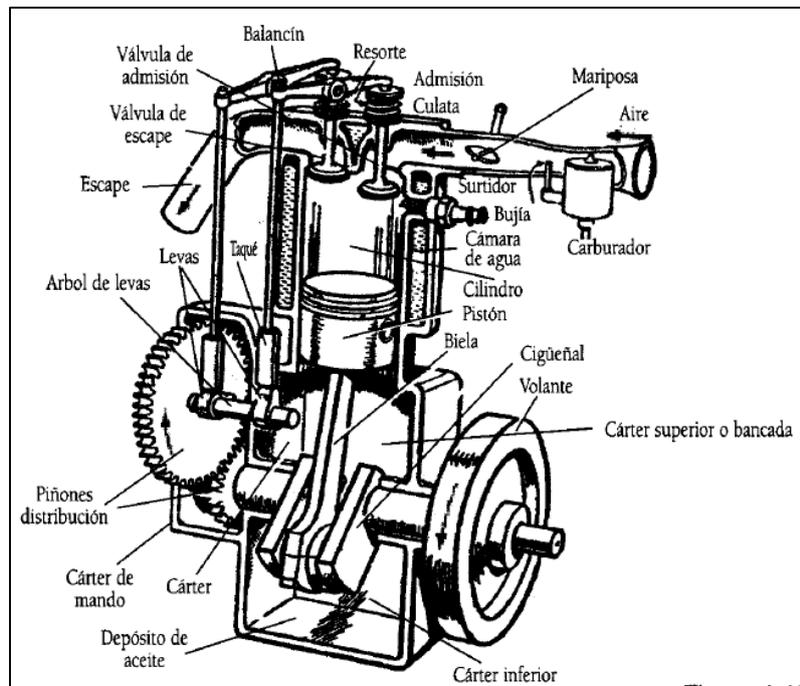


Figura 4: Carter. (Arias Paz)

1.3.1.2. Transmisión

La fuerza que ejerce el motor se transmite a la caja de cambios, quien se acopla por medio del sistema de embrague. De la caja de cambios se transmiten por ejes tracción delantera y en la tracción trasera por medio del eje cardan.

El aumento de la potencia de un motor de combustión aumenta con el número de las revoluciones por minutos (rpm), pues el número de vueltas aumenta según las explosiones. (Arias Paz)

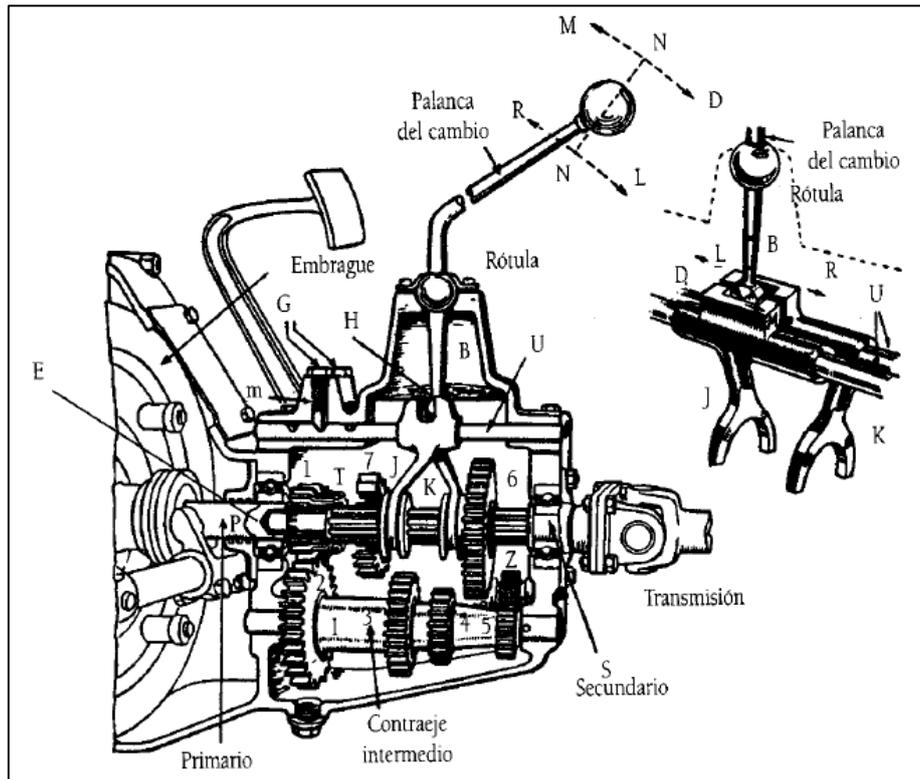


Figura 5: Caja de cambios. (Arias Paz)

1.3.1.3. Frenos

Para la contención de la marcha del vehículo, la resistencia que opone el motor al levantar el pie del acelerador, tiende a perder velocidad de tal modo que su giro forzado frene. Este uso del motor como freno es continuo en la marcha normal y llamado freno motor.

El freno de un vehículo consiste en la detención total o parcial del mismo, hay dos tipos de freno: freno pedal (para la detención parcial o total) y freno auxiliar (para el estacionamiento)

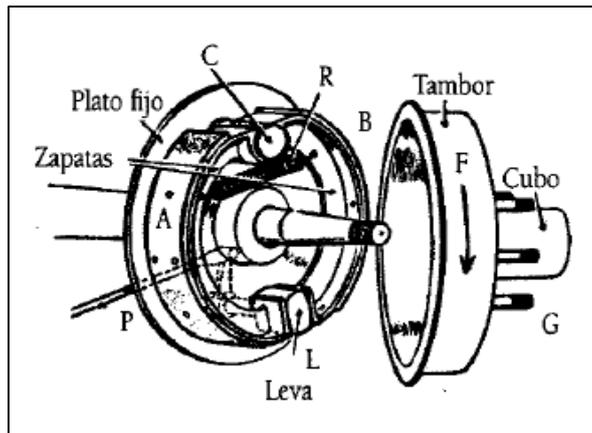


Figura 6: Freno de tambor. (Arias Paz)

1.3.1.4. Sistema eléctrico

El vehículo está provisto de instalaciones eléctricas que ha proporcionado energía al equipo eléctrico. Estos servicios al alumbrado, arranque, señalizaciones y complementos eléctricos, son conseguidos mediante dicha instalación, que constituye una pequeña fábrica de electricidad. (Arias Paz)

La introducción de la electrónica en el equipo eléctrico del vehículo obedece fundamentalmente a la necesidad de dominar y gobernar mejor las corrientes eléctricas, o de rectificar la corriente alterna convirtiéndola en continua para poder cargar la batería.

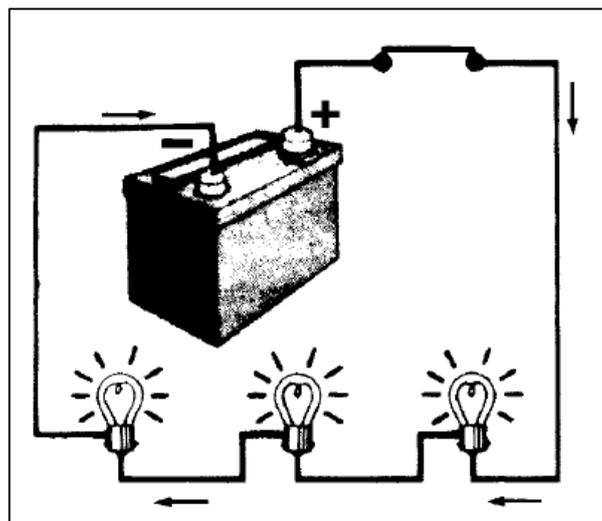


Figura 7: Sistema eléctrico. (Arias Paz)

1.3.1.5. Arranque

Para poner en marcha los motores de combustión interna, es preciso hacerlos girar por medio de un dispositivo auxiliar, ya que no pueden ponerse en marcha por si solos como los motores eléctricos o de vapor, hasta hacerles alcanzar su ciclo de funcionamiento autónomo. (Arias Paz)

Para que se produzca la combustión en el motor se necesita una chispa que es brindada por la bujía, y para activar esa chispa se necesita de la batería, bobina, distribuidor y la bujía. (Arias Paz)

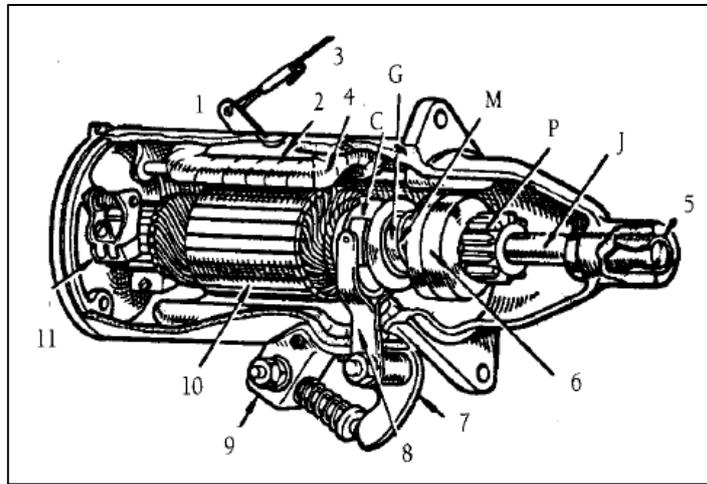


Figura 8: Arrancador. (Arias Paz)

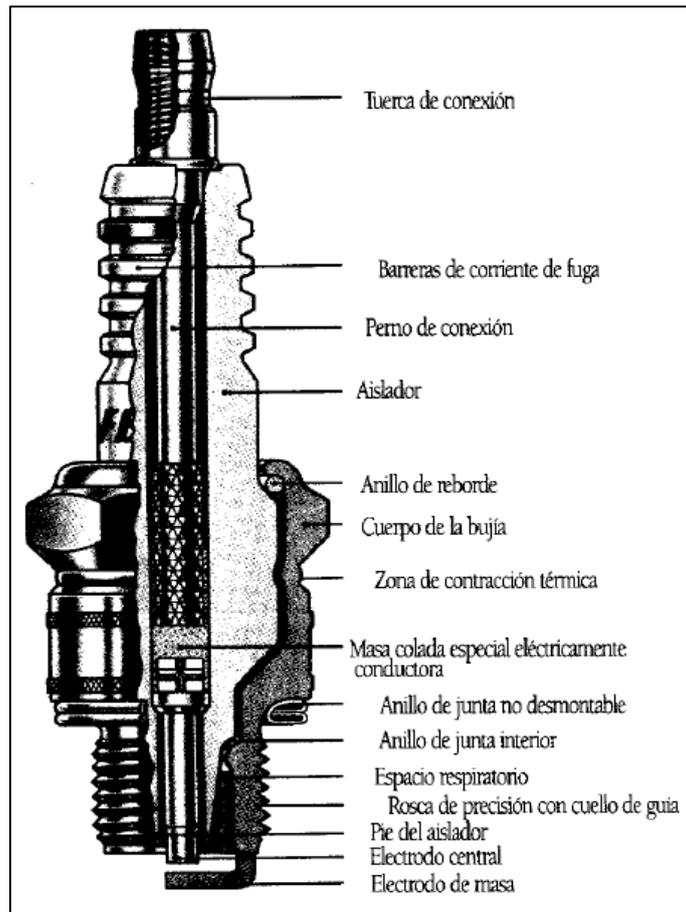


Figura 9: Bujía. (Arias Paz)

1.3.1.6. Carga

El alternador (generador) está conectado al movimiento del motor por medio de una faja, haciendo que el alternador transforme la energía mecánica en energía eléctrica la cual es almacenada en la batería cuando esta la necesite.

La necesidad de utilizar el alternador viene impuesta primordialmente por el continuo incremento de aparatos instalados, en el vehículo para aumentar la seguridad y el confort, tales como: faros dobles, y antiniebla, ventanilla trasera calentables, radio, calefacción, encendedores, etc., con el consiguiente el aumento del consumo. (Arias Paz)

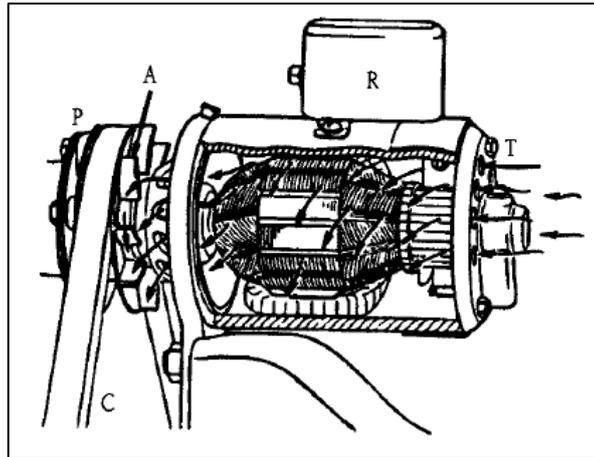


Figura 10: Alternador. (Arias Paz)

1.3.1.7. Alimentación

Para que se pueda llevar a cabo la carburación, se precisan un serie de elementos como: un depósito de gasolina, unos circuitos de ida y retorno de esta, una bomba que eleve desde el depósito hasta el carburador, un filtro de aire, unos colectores de admisión y escape y un carburador.

La carburación tiene por objetivo preparar una mezcla de combustible de aire (comburente) con gasolina pulverizada (carburante), en una proporción tal, que de su inflamación por una chispa (tarda, en arder, alrededor de 2 milésimas de segundo), resulte una combustión tan rápida y completa, que parezca casi instantánea. El encargado de suministrar el combustible al motor es el carburador, quien prepara la mescla de aire - gasolina. (Arias Paz)

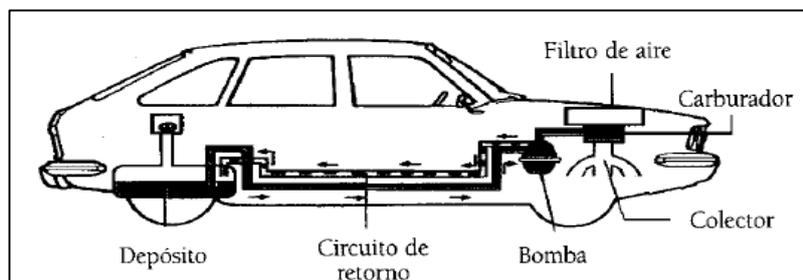


Figura 11: Alimentación. (Arias Paz)

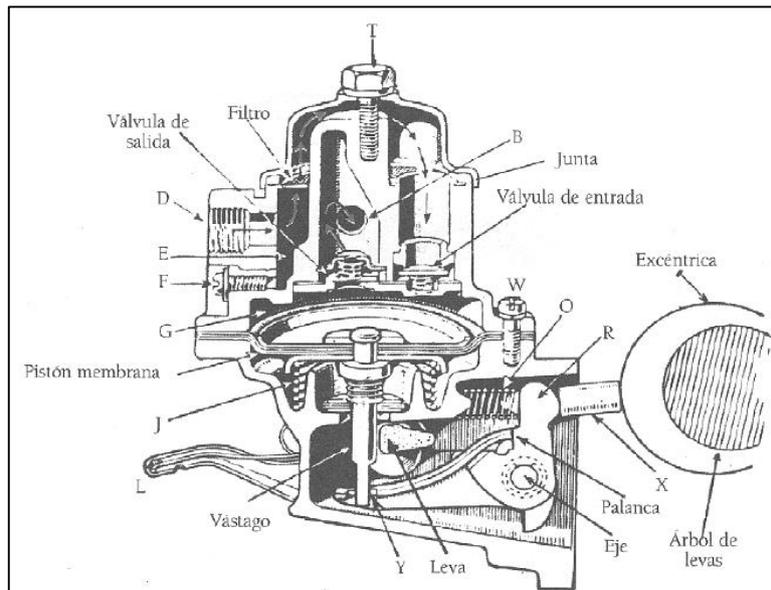


Figura 12: Carburador. (Arias Paz)

1.3.1.8. Refrigeración

La explosión en el motor alcanza una temperatura aproximada de 2000°C, el cual es una temperatura mucho mayor al punto de fusión del material que se utiliza para la fabricación del motor y cilindros.

Es por ello que se dispone de un sistema de refrigeración el cual consiste en la circulación de líquido refrigerante. El sistema de refrigeración se compone de una bomba de agua, quien permite la circulación del agua al motor, un ventilador y un termostato que regula la salida de agua. (Arias Paz)

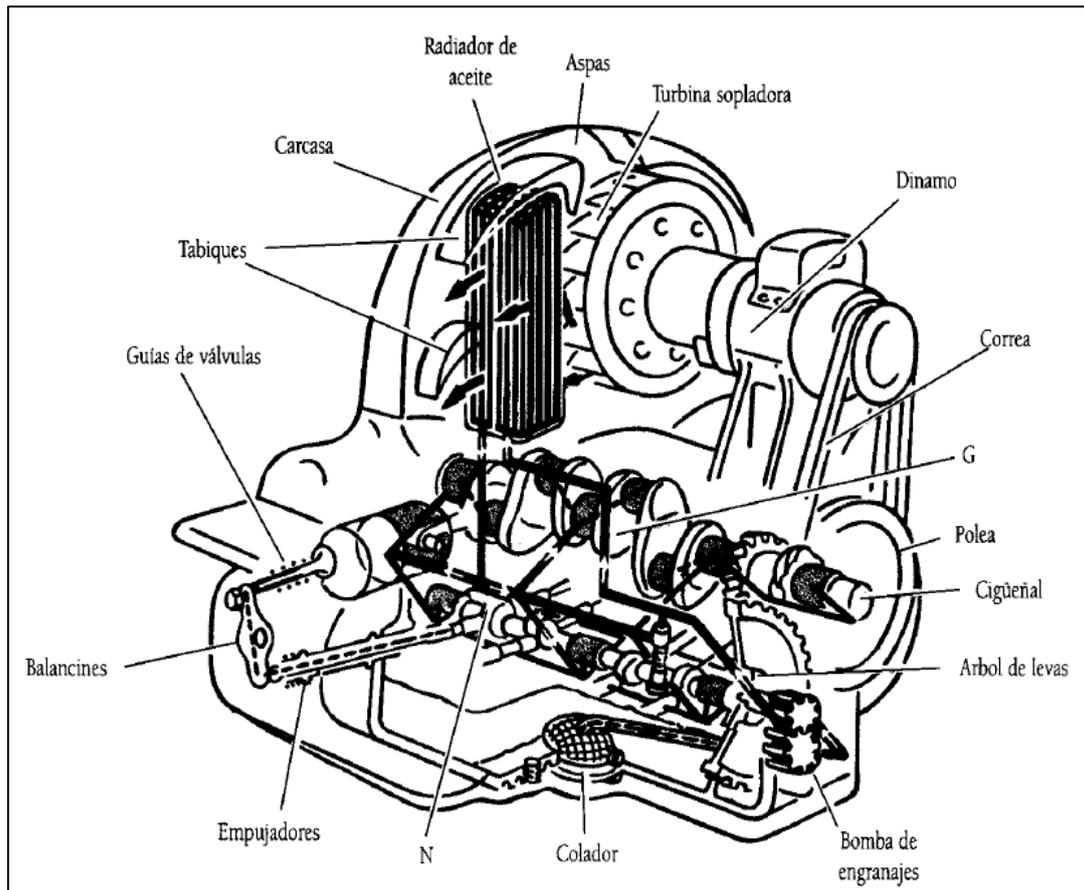


Figura 13: Sistema de refrigeración. (Arias Paz)

1.3.1.9. Suspensión

Tiene como objetivo minimizar las irregularidades del terreno por donde circula el vehículo, manteniendo los neumáticos en contacto siempre con el suelo.

Se compone de muelle ballesta, barra de torsión, estabilizador, muelle de goma, amortiguadores, el cual permite la neutralización de las oscilaciones que son provocadas por los accidentados caminos. Es decir que el sistema de suspensión permite que los pasajeros viajen con comodidad. (Arias Paz)

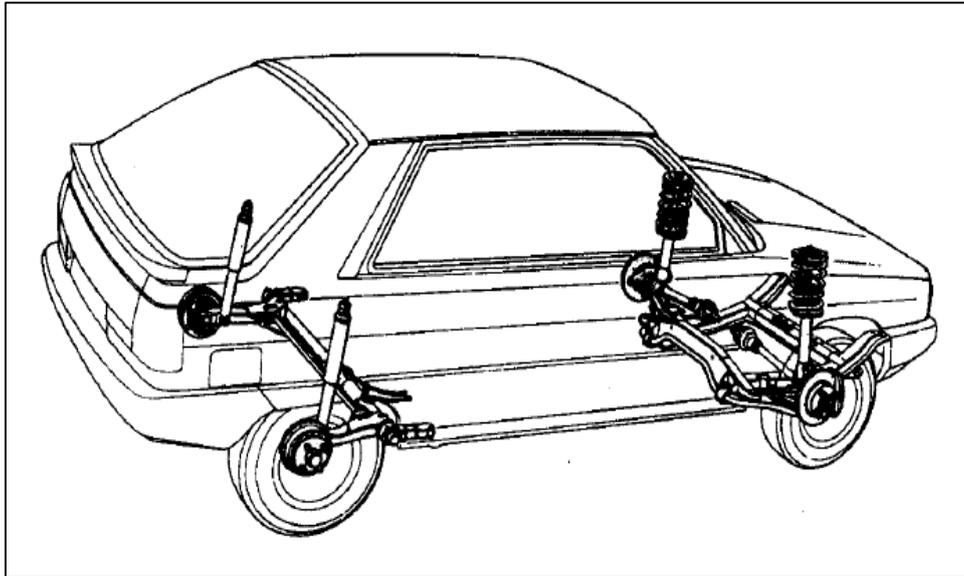


Figura 14: Sistema de suspensión. (Arias Paz)

1.3.1.10. Engrase

Una superficie metálica por muy esmerado que sea el trabajo de pulimentación siempre pueden presentar alguna rugosidad que no se percibe a simple vista, siendo estas imperfecciones una forma considerable en lo que es el rendimiento. Los factores que influyen el rozamiento son: la naturaleza, el estado de condiciones en el que se trabajó las superficies y las presiones. (Arias Paz)

Hay tres tipos de rozamientos:

- **Seco:** produce mayor fricción directa entre las superficies, provocando fusión parcial entre las piezas e incluso un gripado.
- **Fluido:** se caracteriza por la permanencia de aceite lubricante o grasa, suficiente viscosa como para evitar el contacto directo entre las mismas. Gracias a esto las piezas sufren menos desgaste.
- **Semiseco:** cuando entre las piezas se interpone una capa muy fina de aceite.

El desplazamiento de las piezas dentro del motor siempre debe ser lubricantes para reducir la fricción que es el causante del desgaste de las piezas y el aumento de la temperatura.

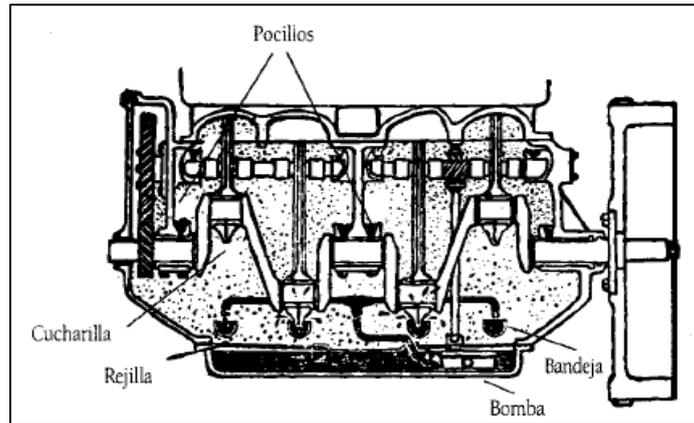


Figura 15: Esquema de engrase por barboteo. (Arias Paz)

1.3.1.11. Dirección

El sistema de dirección tiene un mecanismo que debe cumplir ciertos requisitos para llevar ambas ruedas debidamente alineados sobre las trayectorias de las curvas. (Arias Paz)

Esto quiere decir que el sistema de dirección se acciona mediante la forma mecánica, hidráulica y neumática.

Los componentes más importantes de este sistema son: volante, columna, caja de dirección, rotulas y terminales.

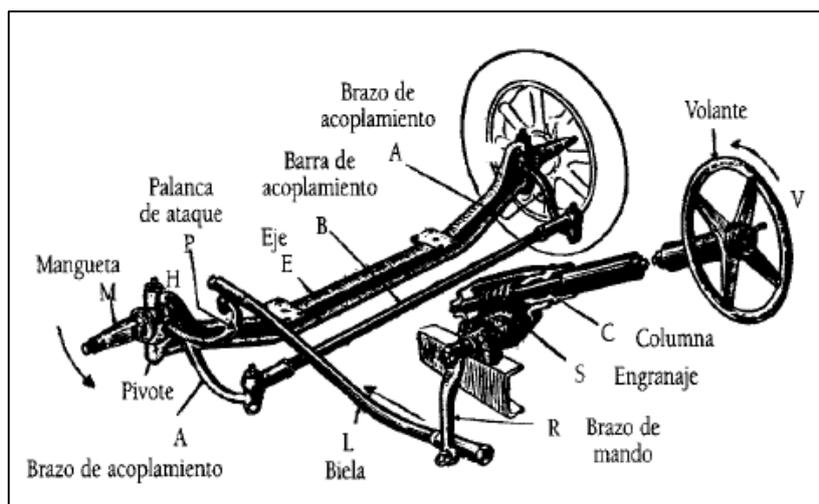


Figura 16: Sistema de dirección. (Arias Paz)

1.3.1.12. Tubo de escape

Esta parte permite la expulsión de los gases emitidos por la combustión del motor, quien está ubicada en la parte posterior del vehículo.

Los gases emitidos por el vehículo son altamente tóxicos, provocando la contaminación del medio ambiente a la vez problemas a las personas. (Arias Paz)

1.3.1.13. Neumáticos

Los neumáticos permiten el movimiento fácil del vehículo siempre y cuando se encuentre en buen estado. Ya que si se presenta alguna falla en los neumáticos podría provocar accidente hasta volcadura del vehículo.

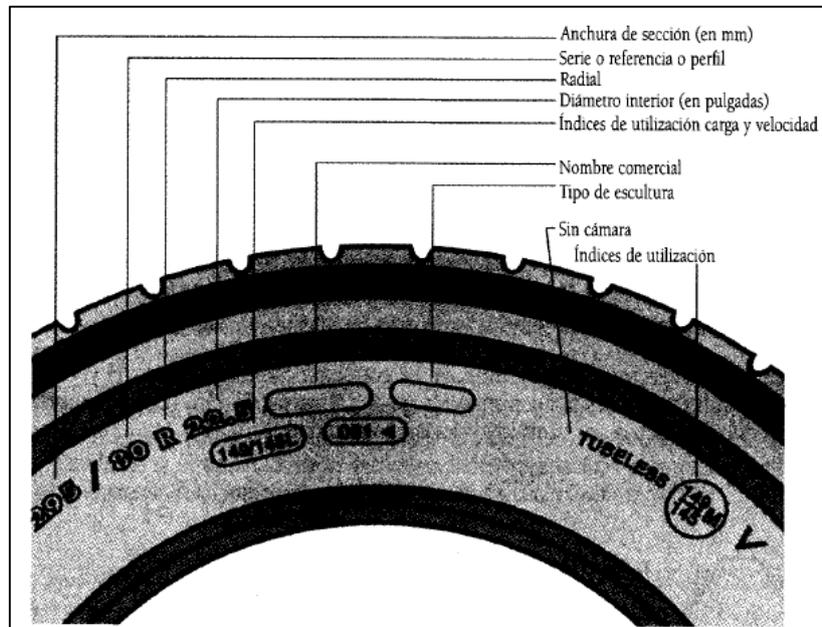


Figura 17: Neumático. (Arias Paz)

1.3.2. MANTENIMIENTO

Se define como el control constante de instalaciones o de componentes, para que el equipo cumpla con las funciones para las que fue construido. (Ma. Muños, 2003)

Objetivos de mantenimiento:

Consiste en conservar la vida útil de una instalación o maquinaria, brindando condiciones de mantenimiento muy confiables y de alta calidad al menor costo posible.

Como también ayuda a la toma de decisión con el fin de evitar accidente y aumentar la seguridad para el personal de trabajo.

Por lo tanto un mantenimiento correctamente aplicado, ayuda a preservar la vida útil de las instalaciones o componentes, con el fin de obtener un rendimiento aceptable y la reducción de fallas.

1.3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

1.3.3.1. Mantenimiento correctivo

Consiste en la reparación de fallas o averías que obligo a la detención de la maquinaria en el momento de operación. (García, 2009)

Ventajas:

No genera gastos fijos, pues solo se gasta dinero cuando se presenta las fallas. Además no es necesario programar ni prever ninguna actividad. Además hay equipos donde no se puede aplicar el mantenimiento preventivo, como son los dispositivos electrónicos.

Desventajas:

Las fallas se pueden presentar en cualquier momento, por lo que ocasionarían paradas en el momento de operación lo que conlleva a pérdidas de tiempo y por consiguiente a pérdidas económicas y en algunos casos pérdidas de contratos.

1.3.3.2. Mantenimiento preventivo

Tiene el fin de prever y anticipar fallas de las maquinarias o equipos, para mantener en continuo funcionamiento, tomando acciones de inspecciones, revisiones minuciosas de los componentes de los sistemas, cuyo objetivo es minimizar fallas y aumentar la productividad. (SIMA)

Ventajas:

Reduce fallas y tiempos muertos, incrementando la vida útil de equipos o maquinarias, como también mejora la utilización de los recursos, todo al menor costo posible.

Desventajas:

No se sabe en qué momento realizar el mantenimiento preventivo. Tampoco permite determinar con precisión el desgaste o depreciación de las piezas de las maquinarias. Se requiere personal con experiencia en mantenimiento y las recomendaciones del fabricante para realizar el plan de mantenimiento.

1.3.3.2.1. Costos de mantenimiento preventivo

Antes de realizar un plan de mantenimiento preventivo, es necesario tener una idea de cuál será el costo de implementación ya que se debe considerar algunos requerimientos. (2015)

A. Arranque.

Existen costos asociados con el arranque en el inicio del programa de mantenimiento preventivo, y se necesita:

- Tiempo extra: es bastante el trabajo que se realizara, así que se necesitara de bastante tiempo; para la selección de equipos y la recolección de información de los mismos.
- Tiempo de ayudantes: para la transformación de la información en un programa de mantenimiento preventivo anual, o por sistema computarizado.
- Mano de obra: para realizar el trabajo de mantenimiento.

B. Almacenes.

Debe existir relación de almacén y el inventario de refacciones con el programa de mantenimiento preventivo. A medida que hay incremento en el mantenimiento preventivo también debe haber incremento en las refacciones. (2015)

C. Entrenamiento.

Es necesario determinar si se requiere algún tipo de entrenamiento. Es una buena idea formar grupos de trabajos relacionados directamente con el programa de mantenimiento. (2015)

1.3.3.2.2. Retorno sobre la inversión

Es una razón necesaria de comparación entre el beneficio o utilidad en relación a la inversión.

Se obtiene a través de la siguiente fórmula.

$$R. O. I = \frac{\text{Inversión [N.S.]}}{\text{Beneficio [N.S.] / Año}} \dots\dots\dots(1)$$

1.3.3.2.3. Pasos para la elaboración de un mantenimiento efectivo

a) Realizar inventarios de equipos

Esto permite la obtención de datos de los equipos y el estado de cada uno de ellos. (2015)

Los datos más importantes son:

- Tipo de equipo
- Descripción, fabricante
- Designación del motor
- Costo (de mantenimiento, depreciación, reparación, etc.)
- Actualizaciones
- Referencia para la lista de los repuestos

b) Asignar tipo de mantenimiento

Depende del estado del equipo, se necesita hacer una inspección al equipo y luego hacer un informe detallando el problema que presenta. (2015)

Se debe realizar un informe general, donde se presentan las conclusiones donde se determine el tipo de mantenimiento que se realizara.

c) Crear lista de verificación de mantenimientos

Es el registro de verificaciones de tareas realizadas como: chequeos diarios, o limpieza semanales.

Las verificaciones pueden ser de dos tipos, una puede cubrir tareas de mantenimiento mientras el equipo está operando o cuando el equipo este detenido por completo. Lo ideal sería realizar la mayor cantidad posibles de tareas de mantenimiento, mientras el equipo está en pleno funcionamiento; de modo que limite el tiempo de la maquinaria fuera de producción. (2015)

d) Realizar ordenes de trabajo

Se requiere de herramientas y materiales, estos trabajos realizado por técnicos mecánicos o electricistas.

Cada orden de trabajo está relacionada a cada maquinaria y especifica que trabajo va a realizar el técnico asignado indicando los recursos que se necesitaran. (2015)

Toda orden de trabajo debe tener:

- El tipo de trabajo que se va a realizar
- Representación del trabajo
- Lugar de realización del trabajo
- El tiempo estimado necesitara
- Los técnicos especialistas que son necesarios
- Las herramientas y equipos necesarios
- Los materiales, repuestos e insumos que son necesarios para realizar el trabajo
- La ficha técnica del equipo

e) Desarrollar un programa de mantenimiento

Es recomendable que cada maquinaria, trabaje las mismas cantidades de horas diarias, de modo que se tenga un intervalo uniforme de trabajo y a través de ello tratar de cumplir las tareas requeridas a diarios. (2015)

f) Mantener un historial de los equipos

La finalidad es mantener y manejar las maquinarias, ya que una maquinaria sin historial de fallas no se puede determinar las fallas, por tanto no se podría establecer los costos por su reparación. (2015)

En el historial del equipo tendremos en cuenta datos básicos como:

- Identificación del equipo: marca, modelo, numero de ejes, etc. tomados del manual de especificaciones de cada maquinaria.
- Debe incluir el costo de mano de obra, de repuestos y costo total acumulativo.

El historial del equipo es necesario para:

- Detectar fallas repetitivas
- Evaluar rendimiento del equipo a través del tiempo
- Determinar costos (por reparación o por reemplazo)
- Evaluar si el mantenimiento brinda mejoras; es decir que tan efectivo es el mantenimiento en cada equipo

1.3.3.3. Mantenimiento predictivo

Es una técnica diseñada para pronosticar una falla a futuro de algún elemento o componente, justo antes de que suceda la falla. Tiene como objetivo minimizar operaciones correctivas, reduciendo tiempos muertos y retrasos en alguna operación. (Eñaut y Gorca, 2009)

Ventajas:

Permite conocer el estado de todas las maquinarias en cualquier momento, eliminando prácticamente todas las fallas, produciendo incremento en la seguridad de los trabajadores como también el incremento de la vida útil de las maquinarias.

Desventajas:

Su implementación es costosa, requiere contar con personal calificado para poder realizar periódicamente las lecturas de los datos obtenidos y que sepa interpretarlos para así tomar las decisiones correctas, además de equipos especiales y costosos.

1.3.4. Evaluación de la gestión de mantenimiento

En la ISO 19011:2004 se establecen las líneas para la auditoría de los sistemas de gestión de calidad y/o ambiental, la cual constituye una guía a la hora de realizar una auditoría de mantenimiento.

Esta consiste en la análisis, evaluación y la valoración objetiva, constante y sistemática de las funciones, para comprobar la corrección del sistema de gestión de mantenimiento empleado y su evolución en el tiempo, ya que cuánto mejor aplicadas sean, se corregirán en mayor grado los problemas que se detecten, facilitando la consecución de sus objetivos.

- Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento.
- Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías.

Comprende además de la financiera, el examen y evaluación de la planeación, organización, dirección y control interno administrativo; de la eficiencia, eficacia y economía con que se han empleado los recursos humanos, materiales y financieros; y de los resultados de las operaciones programadas para saber si se han logrado o no los objetivos propuestos.

1.3.4.1. Auditoría en mantenimiento

Consiste en la evaluación, análisis y la valoración objetiva, periódica y sistemática de las funciones, características esenciales del servicio, para comprobar la corrección del sistema de gestión de mantenimiento empleado y su evolución en el tiempo, ya que cuánto mejor aplicadas sean, se corregirán en mayor grado los problemas que se detecten, facilitando la consecución de sus objetivos.

Pasos para la realización de una auditoría de mantenimiento

Etapa 1: Inicio de la auditoría de mantenimiento

- a) Selección del equipo auditor

- b) Preparación del plan de auditoria
 - Objetivos
 - Alcance. (mano de obra, materiales, medios técnicos, métodos de trabajo, seguridad y medio ambiente)
 - Criterios
 - Medios técnicos: herramientas inventariadas, disponibilidad de herramientas, el sistema de gestión de la información es adecuado)
 - Cronograma
 - Recursos
- c) Asignación de tareas

Etapa 2: Realización de las actividades de la auditoria in situ

- a) Realización de la reunión de apertura
- b) Realización del diagnóstico de mantenimiento
 - A través de la aplicación de cuestionarios se detectan los problemas que afectan la gestión de mantenimiento.

Etapa 3: Análisis de los resultados de la auditoria de mantenimiento.

- a) Evaluación de la gestión de mantenimiento
- b) Conclusiones de la auditoria (Puerta, 2004)

0	Si el aspecto considerado en la pregunta está ausente o se alcanza muy deficiente
1	Si el aspecto considerado se alcanza deficiente
2	Si se alcanza, aunque pueda mejorar
3	Si se alcanza de forma optima

Tabla 1: Evaluación de la gestión de mantenimiento. (Puerta, 2004)

Evaluación de la gestión de mantenimiento	
< 40% de índice de conformidad	Muy deficiente
40 – 60 % de índice de conformidad	Aceptable pero mejorable
60 – 75 % de índice de conformidad	Buena
75 – 85 % de índice de conformidad	Muy buena
> 85% de índice de conformidad	Excelente

Tabla 2: Clasificación de la gestión de mantenimiento. (Puerta, 2004)

Para obtener la evaluación de la gestión de mantenimiento, primero se determina el índice de conformidad el cual viene dada por la siguiente formula.

$$\text{índice de conformidad} = \frac{\text{Puntos obtenido} \times 100}{\text{Máxima puntuación posible}} \dots (2)$$

1.3.5. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Ofrecen oportunidades de mejora continua durante el desarrollo, aplicando técnicas y métodos de mantenimiento. También sirve para comparar con valores con el objetivo de minimizar acciones correctivas. (Gonzales, Hernández y Gordillo, 2009)

1.3.5.1. Confiabilidad

Consiste en el cambio de actividades correctivas que no son programadas y muy costosas, por acciones preventivas de que tienen dependencia del análisis de situaciones actuales por medio del historial de fallas de las maquinarias, permitiendo que una maquinaria desempeñe su función de forma satisfactoria para la cual fue diseñado. (Espinosa, 1994)

Para la confiabilidad operacional es indispensable el estudio de los parámetros que lo componen: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos; los cuales permiten una mejora a largo plazo.

Criterio de confiabilidad

La confiabilidad de un sistema puede expresarse de la siguiente manera.

$$R(t) = (e^{\frac{-\lambda t}{100}}) \times 100\% \dots (3)$$

Donde:

$R(t)$: Confiabilidad del equipo en un determinado tiempo

e : Constante neperiana ($e = 2.2718$)

λ : Tasa de fallas (número de fallas en un periodo de tiempo)

Se obtiene de la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{1}{TMEF} \dots (4)$$

t : Tiempo de operación total

$$t = TPR + TEF \dots (5)$$

1.3.5.2. Mantenibilidad

Consiste en la reparación de las fallas que presenta un equipo en un periodo de tiempo dado al nivel deseado de confianza.

La mantenibilidad tiene relación con la duración y el esfuerzo para los trabajos de mantenimiento. Puede relacionarse de manera inversa con el tiempo que le toma para corregir las fallas, en el comportamiento que se quiere obtener del sistema. (Toro y Céspedes, 1999)

1.3.5.3. Disponibilidad

Manera de cuantificar cuanto tiempo la maquinaria o equipo funciona correctamente como se debe. Por tanto a mayor disponibilidad mayor producción.

Es un parámetro que se asocia al mantenimiento, dado que delimita la capacidad de producción. (Toro y Céspedes, 1999)

Criterio de disponibilidad

Se expresa de en porcentaje de tiempo, dando a entender si el sistema está listo para su operación.

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \dots\dots (6)$$

DONDE:

$D(t)$: Criterio de disponibilidad [%]

$TMEF$: Tiempo medio entre fallas [Hrs]

Se obtiene de la siguiente expresión:

$$TMEF = \frac{TER}{F} \dots\dots (7)$$

Dónde: TEF : tiempo entre fallas [Hrs/Año]

F : Número de fallas

$TMPR$: Tiempo medio de reparación [Hrs]

Se obtiene de la siguiente expresión:

$$TMPR = \frac{TPR}{F} \dots (8)$$

Dónde: *TPR*: tiempo por reparación [*Hrs/Año*]

F: Número de fallas

1.3.6. METODOLOGIA SIX SIGMA

Six Sigma; busca obtener resultado, mejorando los procesos de producción que permitan reducir defecto y los errores. (Harry M. 2000)

El Six sigma es una metodología que permite mejorar los procesos de una determinada área, que permite minimizar o si es posible eliminar los defectos o fallas que ocasiona retrasos en la entrega de un producto o servicio al cliente.

Defecto por millón de oportunidad (DPMO); es el indicador de medición de calidad del Six sigma, quien es cuantificable. Para establecer una metodología Six sigma es fundamental establecer parámetros cuya medida aportara el valor sigma para medir los procesos, productos, proveedores, talleres, departamentos, etc. (Harry M. 2000)

Cada uno de los parámetros que se mide puede involucrar una o varias oportunidades, por ello se expresa de la forma:

$$DPMO = \frac{10^6 \times \text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}} \dots (9)$$

Dónde:

- Número de defectos, es la cantidad de fallas que presenta el área o producto a evaluar
- Número de unidades, es la cantidad de unidades de estudio.
- Número de oportunidades, es la cantidad de las posibles fallas que se pueden presentar.

Los DPMO es una manera de deducir la llamada capacidad de un determinado proceso, se aplica cuando es una característica de conteo o fallas de un producto o un área donde se aplica el estudio. Además es un indicador muy utilizado en Six

sigma. El objetivo de la metodología Six sigma es llegar a un DPMO de 3,4. (Harry M. 2000)

La eficiencia se puede clasificar en base a su nivel sigma: de acuerdo al DPMO que se obtenga, se ubicara el sigma que le corresponde en el siguiente cuadro seguido de su eficiencia.

SIGMA	DPMO	EFICIENCIA
1	69000	31%
2	308538	69%
3	66807	93,30%
4	6210	99,38%
5	233	99,977%
6	3.4	99,99966%
7	0.019	99,999981%

Tabla 3: Clasificación Six sigma. (Harry M. 2000)

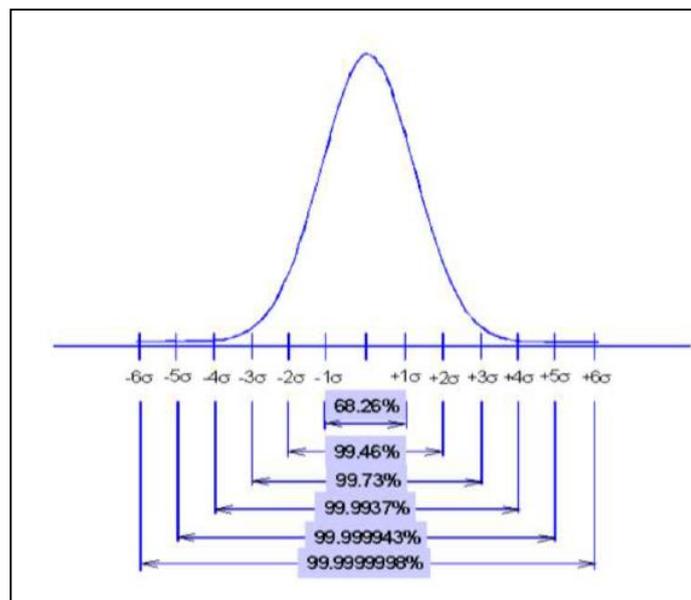


Figura 18: Eficiencia de un proceso en base sigma. (Harry M, 2000)

1.3.7. ELABORACIÓN DE GUIAS PARA EL CONTROL DE EQUIPOS

Son formatos que permiten facilitar a la persona, tomar datos que se encuentran de forma ordenada y de acuerdo a un estándar requerido. (Alfonzo, 2015)

Las hojas de control son conocidos como hojas de comprobación o chequeo, organizando los datos de manera que sean más fáciles de obtenerlos más adelante cuando se necesiten.

Son utilizados para reunir y clasificar las informaciones de los equipos según determinadas categorías, mediante un registro constante de las actividades que se realizan.

Se determinan de acuerdo a su función.

- Recopilación de datos
- Localización de defectos en los sistemas
- Causas de las fallas o averías
- Verificación de chequeos o tareas de mantenimiento
- Proveer de antecedentes al personal de mantenimiento
- Establecer una certificación del trabajo realizado

Una vez reunida la información del trabajo realizado, se analiza cómo será utilizada dicha información.

Para el diseño del formato de las hojas de datos, debe comprender:

- Fecha
- Hora
- Responsable de realizar el trabajo
- Datos del vehículo (placa, kilometraje)
- Tipo de trabajo a realizar

Los datos adicionales que se apliquen al formato deben tener relación con la función que va a desempeñar el documento. (Alfonzo, 2015)

Un dato importante es la codificación y numeración de hojas de control, para de esta manera llevar un orden en el trabajo. El formato de hoja de control debe llevar el siguiente patrón:

- a) No. SERVICIO. Indicar el número de servicio
- b) TIPO DE MANTENIMIENTO. Especificar el tipo de mantenimiento correctivo o preventivo.
- c) FECHA. Especificar la fecha de inicio del servicio.
- d) HORA. Especificar la hora de inicio y fin del servicio.
- e) NOMBRE DEL REPOSABLE. Escribir el nombre del mecánico encargado del servicio

1.3.8. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una sistemática que permite formar jerarquías entre instalaciones, sistemas, equipos o elementos de un equipo, de acuerdo con su impacto total del estado en el que se encuentra cada maquinaria, obtenido de la multiplicación de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia. Sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdidas de producción y daños en las instalaciones. (PEMEX, 2013)

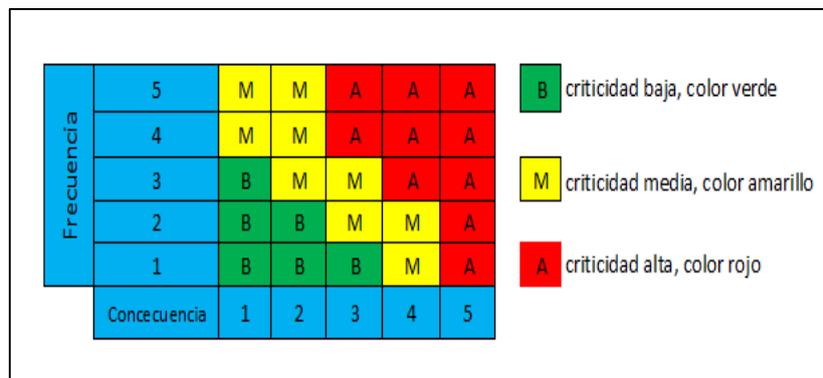


Figura 19: matriz de criticidad. (PEMEX, 2013)

La matriz de criticidad contiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionados con el valor de criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo estudio.

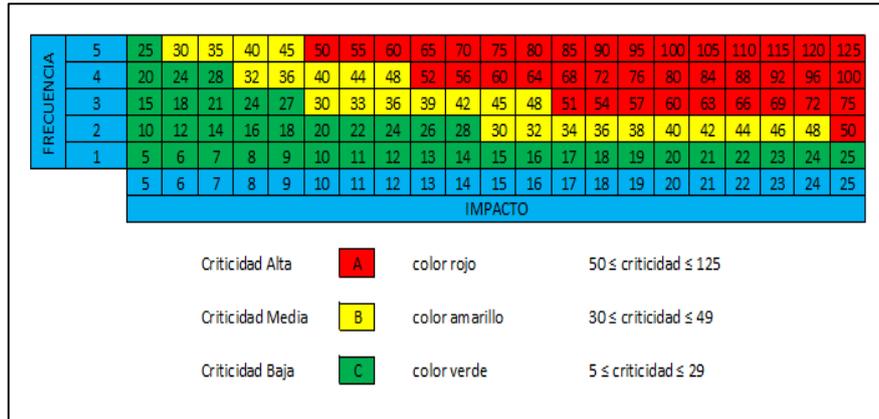


Figura 20: matriz de criticidad PEP. (PEMEX, 2013)

Definir la criticidad

Para la determinación de la frecuencia de falla y de la consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos.

Se determina mediante el estado en que se encuentran cada maquinaria.

a) Frecuencia:

Número de veces que se repiten las fallas, dentro de un periodo de tiempo.

PONDERACIÓN	FRECUENCIA DE FALLAS
4	Alto, mayor a 10 fallas/año
3	Promedio, de 5 a 10 fallas/año
2	Buena, de 1 a 5 fallas/año
1	Excelente, 1 falla/año

Tabla 4: Frecuencia de fallas. (PEMEX, 2013)

b) Impacto operacional (I.o):

Efectos causados en la operación.

PONDERACIÓN	IMPACTO OPERACIONAL
10	Para inmediata en toda la empresa
7	Área inmediata en un sector de la línea productiva
4	Impacta los niveles de producción y calidad
1	No genera ningún efecto significativo sobre la producción

Tabla 5: Impacto operacional. (PEMEX, 2013)

c) Flexibilidad operacional (F. o):

Relacionada con la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costo o pérdidas considerables.

PONDERACION	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL
4	No existe opción de producción y no existe función de respaldo/maquina
2	No existe opción de maquina compartido
1	Existe opción de maquina disponible

Tabla 6: Flexibilidad operacional. (PEMEX, 2013)

d) Costos de mantenimiento (C.m):

Relacionado a todos los costos que abarcan la labor de mantenimiento.

PONDERACION	COSTO DE MANTENIMIENTO
2	Mayor a S/.5000 al año
1	Menor a S/.5000 al año

Tabla 7: Costos de mantenimiento. (PEMEX, 2013)

e) Impacto de seguridad y medio ambiente (Imp.)

Evalúa los posibles inconvenientes que se puedan causar sobre las personas o el medio ambiente

PONDERACION	IMPACTO A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE
8	Afecta a la seguridad humana tanto interna como externa
7	Afecta al medio ambiente produciendo daños severos
5	Afecta las instalaciones causando daños severos
3	Provoca daños menores (seguridad-ambiente)
1	No provoca ningún daño a las personas, instalaciones ni ambiente

Tabla 8: Impacto a la salud y medio ambiente. (PEMEX, 2013)

Elementos que se deberían tomar para determinar la criticidad.

La criticidad

Para la determinación de la criticidad se utiliza la siguiente formula.

$$criticidad = frecuencia \times consecuencia..... (10)$$

Donde la consecuencia se determina por los siguientes criterios.

$$C = (I.o) + (F.o) + (C.m) + (Imp)..... (11)$$

Donde:

I.o: Impacto operacional

F.o: Flexibilidad operacional

C.m: Costo de mantenimiento

Imp: Impacto de seguridad y medio ambiente

Análisis y validación de los resultados

Los datos que se obtengan una vez evaluado la criticidad de los equipos, deberán ser analizados con el objetivo de tomar acciones para minimizar las fallas. El análisis de criticidad permitirá validar los resultados que obtengan con el fin de identificar cualquier tipo de desviación que amerite una nueva evaluación de la criticidad. (PEMEX, 2013)

Definir el nivel de análisis

Los datos obtenidos de la frecuencia de ocurrencia por el impacto admiten la jerarquización de los problemas presente, del componente, equipos sistemas o procesos que se encuentran vinculados con la criticidad. Con los datos obtenidos de los equipos o maquinarias más críticos se permitirán ubicar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo necesite.

Determinar la criticidad

Cuando en la evaluación de una maquinaria o equipo se tiene un nivel alto de frecuencias de ocurrencias, las acciones recomendadas serian minimizar la frecuencia de ocurrencia del evento para llevar la criticidad a un valor más. Si la criticidad es alta, en alguna de las categorías de consecuencia, las acciones a tomar deben orientarse a minimizar los impactos que la falla pueda generar.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida influye el diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Ferretería Olivo s.a.c en aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Relevancia Institucional

Disminuirá las paradas no programadas en los equipos, brindando de esa manera un mejor servicio a los clientes.

Relevancia Ambiental

La empresa realizará los trabajos de mantenimiento y reparación de equipos teniendo en cuenta el cuidado y preservación del medio ambiente.

Relevancia Económica

A través de la inserción del plan de mantenimiento se busca disminuir costos por fallas y paradas imprevistas en los equipos.

1.6. HIPÓTESIS

El diseño y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo permitirá aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias de la empresa Ferretería Olivo s.a.c.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general

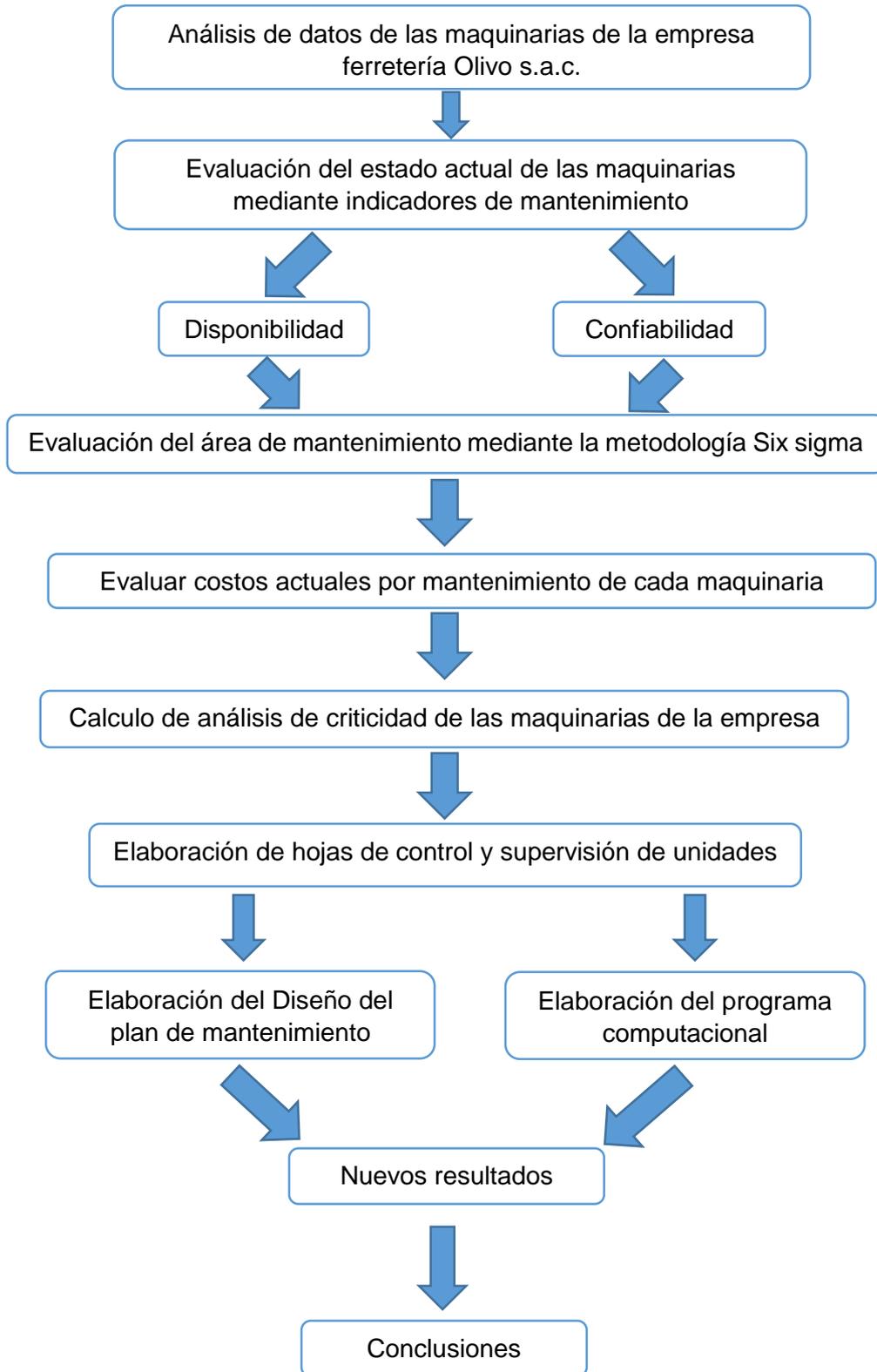
Diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias de la empresa Ferretería Olivo s.a.c.

1.7.2. Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual de las maquinarias mediante los indicadores de mantenimiento: disponibilidad y confiabilidad.
- Evaluación del área de mantenimiento mediante la metodología Six sigma
- Determinar costos actuales por mantenimiento de las maquinarias.
- Realizar el análisis de criticidad a cada maquinaria de la empresa.
- Elaborar los modelos o guías para las hojas de control y supervisión de las unidades.
- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo
- Elaborar un programa computacional.
- Evaluación del plan de mantenimiento, por medio del programa computacional.

II. METODOLOGÍA

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN



2.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.2.1. Variable dependiente

- Plan de mantenimiento

2.2.2. Variable independiente

- Confiabilidad operacional

2.2.3. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><u>INDEPENDIENTE:</u> Plan de mantenimiento</p>	<p>Basado en diseñar un procedimiento de ciertas actividades, donde se planean estrategia, la cual comprende los diferentes programaciones, recursos y la duración necesaria para ejecutar el plan mantenimiento.</p>	<p>Proceso metodológico donde se planean acciones ayudados por operaciones que lleven una secuencia lógica, con el fin de preservar la vida útil de un bien.</p>	<p>- Orden de trabajo, planificación y programación - Índice de ejecución de mantenimiento planeado</p>	<p>Nominal</p>
<p><u>DEPENDIENTE:</u> CONFIABILIDAD OPERACIONAL</p>	<p>Es la posibilidad de que un equipo o maquinaria funcione, en óptimas condiciones, durante un determinado tiempo.</p>	<p>La confiabilidad operacional será medida de acuerdo al número de fallas del equipo en un determinado periodo. será expresado de manera de manera porcentual</p>	<p>D(t): criterio de disponibilidad (%) R(t): criterio de confiabilidad (%)</p>	<p>Escala de intervalo (%)</p>

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: todos los equipos de las empresas constructoras de La Libertad

Muestra: Todos los equipos de la empresa FERRETERIA OLIVO S.A.C.

CODIGO	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
01	CARGADOR FRONTAL	CEM	659C
02	VOLQUETE	HOWO	A7
03	VOLQUETE	JAC	TRUCK
04	CAMIONETA	NISSAN	FRONTIER
05	MOTOCARGA	WAXIN	WX200ZH

Tabla 9: muestra de los equipos de la empresa ferretería Olivo s.a.c.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

TECNICA	INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
ANALISIS DE DOCUMENTOS	FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	Por expertos
OBSERVACION DIRECTA DE LOS HECHOS	LISTA DE COTEJOS ,	
METODOS ANALITICOS	METODOS PROBABILISTICOS,FORMULAS	Por expertos

Tabla 10: Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

El proyecto utilizo métodos de análisis descriptivos, y son los siguientes:

El análisis de documento de datos, que a través de fichas de recolección de datos será fundamental en el proyecto de investigación debido a que nos brindará datos acerca del estado en que se encuentra cada uno de los equipos evaluados durante el proceso de investigación.

La observación directa de los hechos, la cual nos permitirá reconocer las condiciones físicas externas en las que se encuentra cada maquinaria.

Los métodos analíticos, serán utilizados para determinar los índices de mantenimiento (que serán expresados de manera porcentual) y serán usados también para determinar también los costos de mantenimiento.

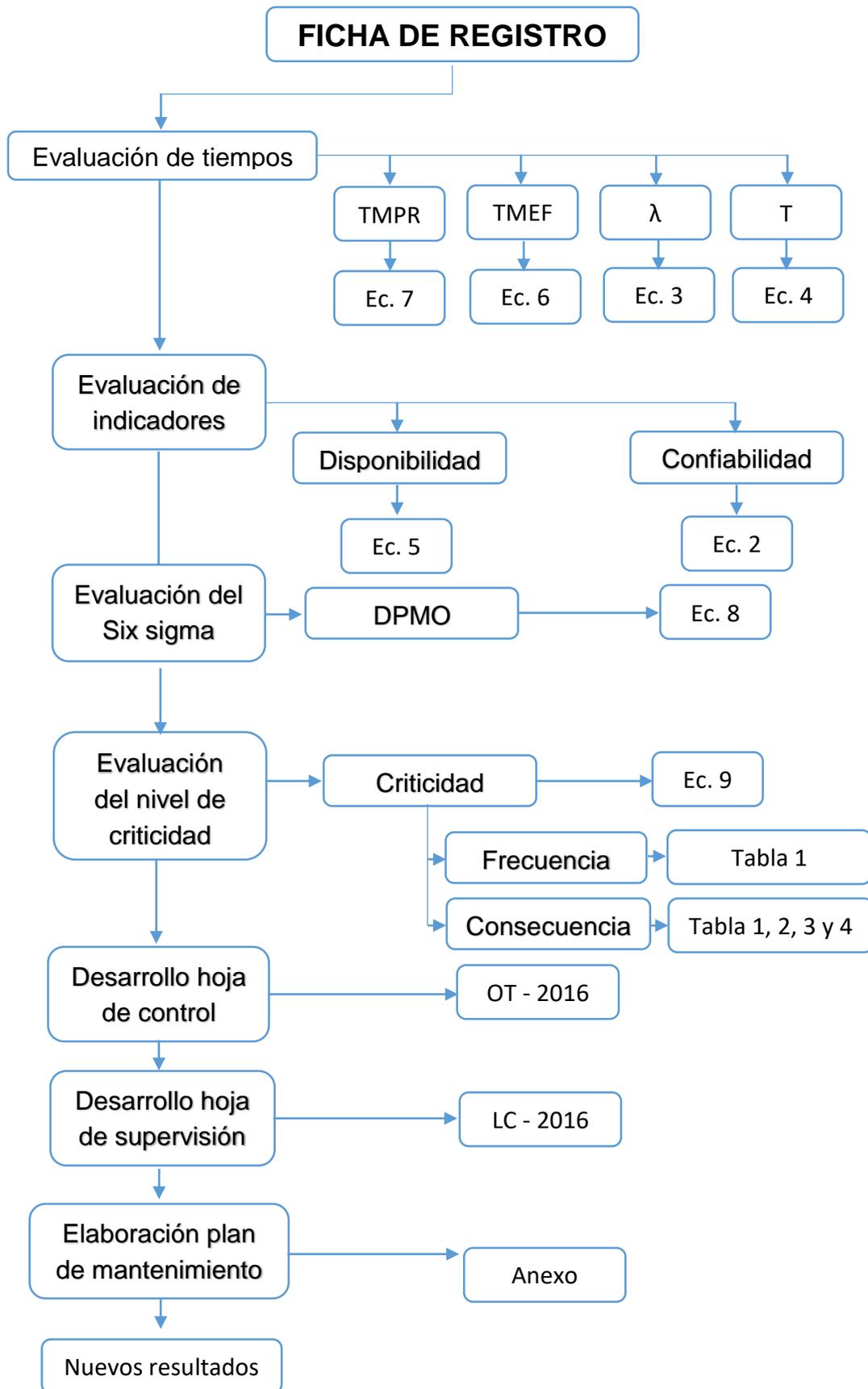
La observación directa de los hechos, la cual permitirá reconocer las condiciones físicas externas en las que se encuentra cada equipo

La primera fase comprende el monitoreo de los equipos de la empresa, en las cuales se hará uso de los instrumentos de recolección de datos. Una vez concluido el monitoreo se hará un diagnóstico de cada equipo teniendo en cuenta las condiciones en que se encuentra cada uno para luego medir sus indicadores de mantenimiento. El siguiente paso es el diseño del plan de mantenimiento.

El siguiente paso es el diseño del plan de mantenimiento, evaluando todos los sistemas de una maquinaria. Para ponerlo en funcionamiento de manera inmediata en la empresa.

La última parte del proceso tiene que ver con la estimación de costos de la empresa.

III. RESULTADOS



Los datos que se presentan en el siguiente cuadro, son gracias a la recaudación propia de autor, quien realizo practicas pre profesionales desde febrero 2015 a junio 2016, recaudando los tiempos por paradas no programadas, tiempos de operación, también se recaudó información de los costos generados por mantenimiento correctivo, como las refacciones o insumos que se necesitaron, como también los costos por mano de obra u otros costos que se utilizaron para corregir las fallas.

Se tomó la información en un periodo de 10 meses que comprende de abril 2015 a enero 2016; estos datos fueron validados por el Ingeniero Adolfo Antonio Olivo Lujan, supervisor de las maquinarias de la empresa ferretería Olivo s.a.c. (Anexo I)

Por lo tanto los resultados que se obtengan en los indicadores de mantenimiento, evaluación de la eficiencia del área de mantenimiento, los costos generados por mantenimiento correctivo y el análisis de criticidad son verdaderos.

Tabla 11: Datos e maquinarias

Periodo 10 meses (abril 2015 – enero 2016)

MAQUINA	TPR[Hrs/Año] Tiempo perdido por reparación	TEF[Hrs/Año] Tiempo entre fallas	Cantidad de fallas [Año]
Cargador frontal	75	380	12
Volquete Howo	75	400	18
Volquete Jac	114	380	24
Nissan Frontier	17	1500	4
Motocarga	27	350	17

3.1. EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

3.1.1. Determinar el criterio de disponibilidad

Tomaremos como muestra los datos del Volquete Howo.

$$D(t) = \left(\frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \right) \times 100\%$$

a) Determinamos TEF y TPR:

$$TEF = \frac{400 \text{ Hrs}}{\text{Año}} = \frac{400 \text{ Hrs}}{0.83 \text{ Año}} = 481.93 \text{ Hrs/Año}$$

$$TPR = \frac{75 \text{ Hrs}}{\text{Año}} = \frac{75 \text{ Hrs}}{0.83 \text{ Año}} = 90.36 \text{ Hrs/Año}$$

b) Utilizamos los datos obtenidos para hallar el TMEF y TMPR:

$$TMEF = \frac{TEF}{F} = \frac{481.93}{18} = 26.77 \text{ Hrs/Año}$$

$$TMPR = \frac{TPR}{F} = \frac{90.36}{18} = 5.02 \text{ Hrs/Año}$$

c) Reemplazamos en la fórmula de disponibilidad:

$$D(t) = \left(\frac{26.77}{26.77 + 5.02} \right) * 100\% = 84.21\%$$

Por lo tanto, hallando la disponibilidad de las otras maquinarias en una hoja de cálculo se obtuvo:

Tabla 12: Criterios de disponibilidad

Periodo abril 2015 – enero 2016

EQUIPO	CRITERIO
	Disponibilidad
Cargador Frontal	83.52%
Volquete Howo	84.21 %
Volquete Jac	76.94%
Nissan Frontier	98.88%
Motocarga	92.85%

3.1.2. Determinar el criterio de confiabilidad

$$R(t) = (e^{\frac{-\lambda t}{100}}) * 100\%$$

- a) Determinamos la tasa de fallas λ : tomamos los mismos datos del Vloquete Howo.

$$\lambda = \frac{1}{TMEF}$$

$$\lambda = \frac{1}{26.77 \frac{Hrs}{Año}} = 0.037$$

- b) Determinamos el tiempo total de operación.

$$t = TPR + TEF = 90.36 + 481.92 = 572.28 \text{ Hrs/Año}$$

- c) Reemplazamos los datos obtenido en la ecuación de confiabilidad:

$$R(t) = (e^{\frac{-0.037 \frac{Año}{Hrs} \times 572.28 \frac{Hrs}{Año}}{100}}) * 100\%$$

$$R(t) = 80.91\%$$

Por lo tanto, hallando la confiabilidad de las otras maquinarias en una hoja de cálculo se obtuvo:

Tabla 13: Criterio de confiabilidad

Periodo abril 2015 – enero 2016

EQUIPO	CRITERIO
	Confiabilidad
Cargador Frontal	86.71%
Volquete Howo	80.91%
Volquete Jac	73.38%
Nissan Frontier	96.04%
Motocarga	84.04%

3.2. METODOLOGIA SIX SIGMA

3.2.1. Eficiencia actual del área de mantenimiento

Para la determinación de la eficiencia del estado actual del área de mantenimiento, se utilizará la metodología Six sigma. Para la determinación de esta metodología se realizó un cálculo de mes a mes con un formato que se creó exclusivamente para dicho cálculo.

3.2.2. Calculo de Six sigma para el mes de abril del 2015

El número de oportunidades viene dado por la distribución parcial y paulatina de las 5S, esto permitió tener un ambiente de trabajo más limpio, seguro y ordenado, pero también permite tener una mejor distribución de las maquinas herramientas y espacios de trabajo mucho más descongestionados.

- 10^6 : Índice Six sigma.
- *úmero de defecto*: Número de fallas que se presentaron en el mes de abril.
- *Número de unidades*: Muestra de estudio.
- *Número de oportunidades*: La implantación de las 5S. (como se evaluara el área de mantenimiento, el número de oportunidades siempre será 5, dadas por las 5S).

$$DPMO = \frac{10^6 \times \text{Número de defectos}}{\text{Número de unidades} \times \text{Número de oportunidades}}$$

Vamos a tomar los datos para el mes de abril.

$$DPMO = \frac{10^6 \times 9}{5 \times 5} = 225000$$

Por lo tanto 225000 DPMO según la tabla 7 va tener una sigma 3 con eficiencia de 93,3%.

Determinando para los demás meses en una hoja de cálculo obtendremos:

MES	FALLAS	DPMO	DPMO	EFICIENCIA
Abril	9	360000	Sigma 1	31 %
Mayo	4	160000	Sigma 2	69 %
Junio	8	320000	Sigma 1	31 %
Julio	10	400000	Sigma 1	31 %
Agosto	6	240000	Sigma 2	69 %
Septiembre	8	320000	Sigma 1	31 %
Octubre	10	400000	Sigma 1	31 %
Noviembre	7	280000	Sigma 2	69 %
Diciembre	8	320000	Sigma 1	31 %
Enero	4	160000	Sigma 2	69 %

Tabla 14: Six sigma. Periodo abril 2015 – enero 2016.

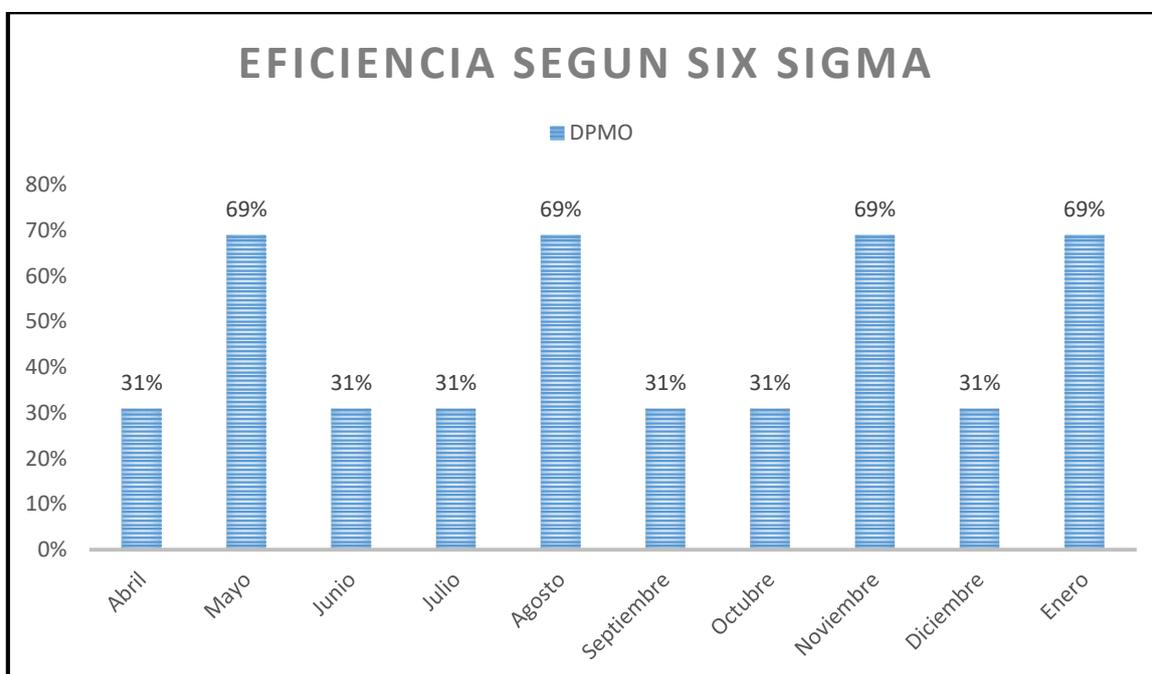


Figura 21: Eficiencia Six sigma. Periodo abril 2015 – enero 2016.

3.3. EVALUACIÓN ACTUAL DE COSTOS

Costos de repuestos por mantenimiento correctivo de la empresa ferretería Olivo s.a.c. durante el periodo abril 2015 – enero 2016.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	PRECIO UNITARIO(S/)	COSTO TOTAL(S/)
CARGADOR FRONTAL					
1	Aceite hidráulico DTE 24	3	Galón	40	120
2	Filtro de aire	1	Pieza	70.3	70.3
3	filtro de petróleo Donaldson P3547829	1	Pieza	44.7	44.7
4	aceite de motor 15W-40	1	Galón	68.4	68.4
				TOTAL	S/.309.7
VOLQUETE HOWO					
5	manguera sistema de radiador	1	Pieza	50	50
6	Cañería hidráulica	1	metros	15	15
7	Reten de eje tractor	1	Pieza	85	85
8	aceite ATF 220 - hidrolina de dirección	3	Galón	34	102
9	Llantas	2	Pieza	1350	2700
10	Faja de ventilador	1	Pieza	110.7	110.7
11	Aceite de corona	2	Galón	60	120
12	foco	2	Pieza	18	36
				TOTAL	S/.3218.7
VOLQUETE JAC					
13	Reten para caja de dirección	1	Pieza	60	60
14	grasa multipropósito MP G90	1	Balde	180	180
15	Llantas	3	pieza	251.7	755.1
16	Perno centro de muelle	2	Pieza	3	6
17	aceite de transmisión 85w-140	1	Galón	52.8	52.8
18	Batería 24V Enerjet	1	Pieza	240	240
19	aceite de motor 15W-40	1	Galón	68.4	68.4
20	Cruceta cardán	1	Pieza	53.2	53.2
				TOTAL	S/.1415.5
NISSAN FRONTIER					
21	Llantas	2	Pieza	280	560
				TOTAL	S/.560
MOTOCARGA					
22	Llanta	1	Pieza	60	60
23	Aceite motor	1	Galón	18	18
24	Foco	1	Pieza	15	15

25	Juego de anillos y retenes	1	Pieza	80	80
27	Zapatatas	1	pieza	30	30
				TOTAL	203
				COSTO TOTAL	S/.5706.9

Tabla 15: Costo de materiales e insumos.

Periodo abril 2015 – enero 2016

Costos de mano de obra por mantenimiento correctivo que realizo la empresa ferretería Olivo s.a.c. durante el periodo abril 2015 – enero 2016.

TEM	DESCRIPCION	TIEMPO (Hrs)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(S/)	COSTO TOTAL(S/)
1	técnico mecánico	130	1	7.5	S/.975
2	técnico eléctrico	40	1	10.5	S/. 420
3	Otros	-	-	-	S/. 600
				TOTAL	S/.1995

Tabla 16: Costo mano de obra.

Periodo abril 2015 – enero 2016

TOTAL DE COSTOS	S/.7701.9
-----------------	-----------

Costos por paros no planificados

MAQUINA	TPR [Hrs/Año]	Costo de Operación [Nuevos soles/Hora]	Total año [N.S/Año]
Cargador Frontal	75	190	14250
Volquete Howo	75	120	9000
Volquete Jac	114	100	11400
Nissan Frontier	17	80	1360
Motocarga	27	40	1080
TOTAL			S/. 37090

Tabla 17: Costos por paros no planificados.

Periodo abril 2015 – enero 2016

3.4. DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

$$Críticidad = Frecuencia * Consecuencia$$

I. Determinamos primero la categoría de la consecuencia:

$$C = (I.o) + (F.o) + (C.m) + (Imp)$$

Para determinar la categoría de la consecuencia primero tenemos que saber la ponderación, quien está relacionada a la condición de cada maquinaria.

Tomaremos como muestra a la maquinaria Volquete Jac, para desarrollar el nivel de criticidad, para ellos utilizamos los datos del historial de fallas (anexo I) y así poder determinar la ponderación correspondiente a cada criterio.

TABLA	CRITERIO	DESCRIPCION	PONDERACION
1	Frecuencia de falla	alta, mayor 10 fallas año	4
2	Impacto operacional	impacta el nivel de producción y calidad	4
3	Flexibilidad operacional	existe opción de maquina disponible	7
4	Costos de mantenimiento	menor a S/.5000 al año	1
5	Impacto a la salud y M.A	provoca daños menores	3

Tabla 18: Determinación de análisis de criticidad. Maquinaria Volquete Jac

Evaluando la ponderación de cada maquinaria mediante el historial de falla se obtuvo:

Equipos	Criterios					Consecuencias	Valor crítico
	F.F	I.o	F.o	C.m	Imp.		
Cargador Frontal	4	4	4	1	1	10	40
Volquete Howo	4	4	7	1	3	15	60
Volquete Jac	4	4	7	1	3	15	60
Nissan Frontier	2	4	1	1	1	7	14
Motocarga	4	4	1	1	3	9	36

Tabla 19: Determinación de valor crítico de equipos

Según los datos obtenidos del valor de crítico de cada maquinaria, se establece el nivel de criticidad para cada maquinaria.

EQUIPO	VALOR CRITICO	NIVEL CRITICIDAD
Cargador Frontal	40	c. media
Volquete Howo	60	c. alta
Volquete Jac	60	c. alta
Nissan Frontier	14	c. baja
Motocarga	36	c. media

Tabla 20: Nivel de criticidad en los equipos

De acuerdo a los resultados obtenidos el plan de mantenimiento preventivo será aplicado para todas las maquinarias de la empresa, el nivel de criticidad no excluye a ningún equipo.

3.5. CONTROL DE MANTENIMIENTO

La orden de trabajo y la lista de chequeos son documentos básicos para el control de mantenimiento. El contenido de las órdenes de trabajo y la lista de chequeos para el mantenimiento depende del tipo de maquinaria que se va a inspeccionar o realizar algún tipo de reparación, de los cuales hay puntos a comprobar y de los datos que se desea obtener.

Los formatos de mantenimiento, se deben llenar con mucho cuidado, pues deben estar bien detalladas y fácil de entender. (ANEXOS VI)

El control es la parte esencial en un programa de mantenimiento y se aplica a lo siguiente.

- **Control de trabajo:** Se procedió a guardar registros mediante los formatos elaborados para el control y supervisión para cada maquinaria de la empresa ferretería Olivo s.a.c.
- **control de inventarios:** La empresa fue adquiriendo herramientas y refacciones que se requiere para no perder tiempo en el momento que se presente una avería.
- **Control de costos:** con control de mantenimiento se optimizan los costos, el control de costos se utiliza como una ventaja para el suministro y servicios.

PERSONAL DE MANTENIMIENTO		
NOMBRE	CARGO	FUNCIONES
Castillo Rodríguez, Juan	TECNICO MECANICO	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de realizar los trabajos de reparación de las unidades. (correctivos) • Realiza reportes de las fallas que se presentan. • Supervisa la ejecución de los trabajos de mantenimiento
Misericordia Paredes, Javier	TECNICO ELECTRICISTA	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de realizar los trabajos en el sistema eléctrico de las unidades. • Realiza reportes de las fallas que se presentan.
Rebasa Lujan, Luis	COLABORDOR Y OPERARIO	<ul style="list-style-type: none"> • Se encarga de la parte de logística. • Encargado de operar una maquinaria y de la compra de las refacciones u algún material necesario para la reparación de la unidad.
Olivo Lujan, Adolfo	SUPERVISOR	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisa la ejecución de todos los trabajos de mantenimiento. • Realiza las órdenes de trabajo para designar al personal para realizar el mantenimiento. • Realiza reportes del estado de la unidad después que se le haya dado mantenimiento.

Tabla 21: Personal de mantenimiento. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.6. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.6.1. Auditoría de la gestión del mantenimiento según norma ISO 19011:2004

El resultado de la auditoría de mantenimiento según la norma ISO 19011:2004 se obtiene evaluando las diferentes áreas que intervienen en el programa de mantenimiento.

Áreas auditadas	Escala de medición				Total por área
	0	1	2	3	
Organización de mantenimiento (A1)		X			1
Mano de obra (A2)			X		2
Materiales (A3)		X			1
Seguridad (A4)		X			1
Medio ambiente (A5)		X			1
Resultados obtenidos (A6)			X		2
Satisfacción del cliente (A7)			X		2
				TOTAL	10

Tabla 22: Auditoría de la gestión de mantenimiento.

Periodo abril 2015 – enero 2016

Máxima puntuación posible: 21

Puntos obtenidos: 10

$$\text{índice de conformidad} = \frac{\text{puntos obtenidos}}{\text{puntos posibles}} \times 100$$

$$\text{índice de conformidad} = \frac{10}{21} \times 100 = 48\%$$

De acuerdo con el índice de conformidad, la norma ISO 19011:2004, se considera una evaluación de gestión de mantenimiento, aceptable y mejorable.

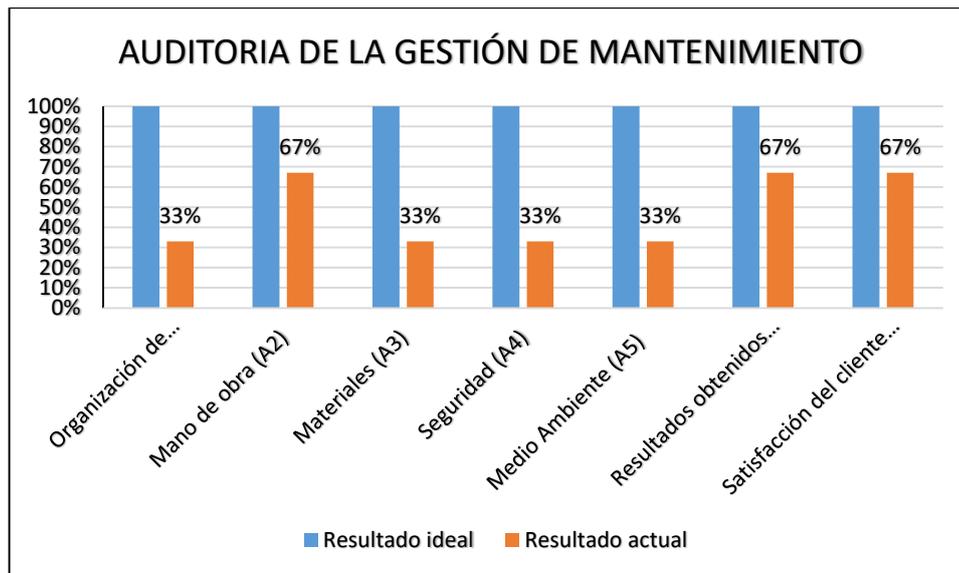


Figura 25: Auditoria de la gestión de mantenimiento.

Periodo abril 2015 – enero 2016

3.6.2. Objetivos

- mejorar la disponibilidad de los equipos.
- Mejorar el nivel de satisfacción de los clientes.
- Reducir tiempos por fallas.
- Prolongar la vida útil de cada equipo.

3.6.3. Alcance

El mantenimiento de los equipos de la empresa ferretería Olivo s.a.c. será realizado por el personal con especialidad, técnico mecánico, técnico electricista y operadores.

3.6.4. Trazabilidad

La efectividad del plan de mantenimiento se refleja directamente en el aumento o disminución de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la empresa.

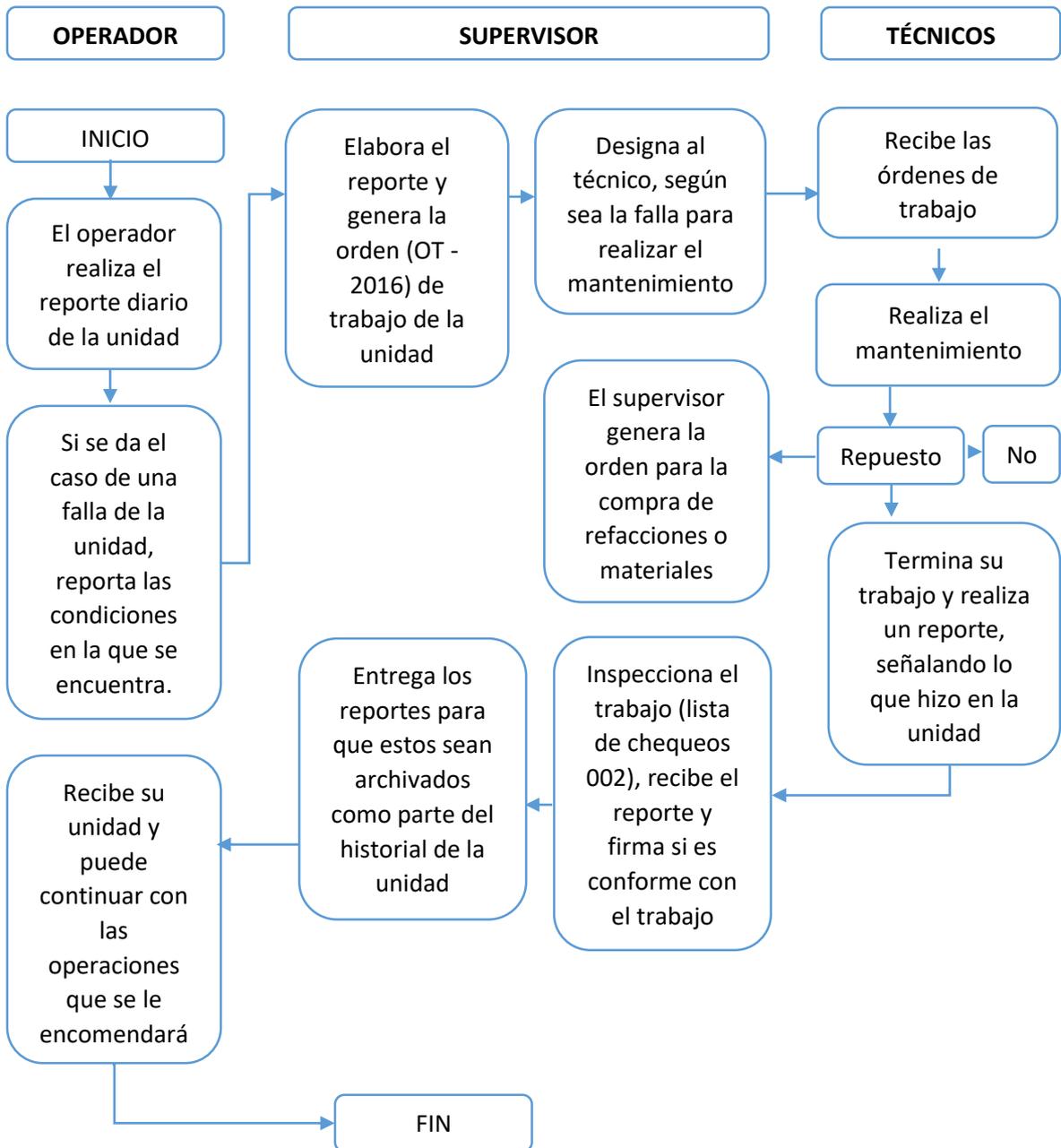
3.6.5. Responsables

La empresa cuenta con choferes para cada máquina, de los cuales hay un técnico mecánico y un técnico electricista, además de un encargado de realizar la compra de los repuestos o insumos que harían falta para realizar el mantenimiento.

ITEM	DESCRIPCION	FUNCION
1	TECNICO MECÁNICO Y OPERADOR	MECÁNICO
2	TECNICO ELECTRICISTA Y OPERADOR	ELECTRICISTA
3	COLABORDOR Y OPERARIO	LOGISTICA
4	INGENIERO	SUPERVISOR

Tabla 23: Responsables de mantenimiento. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.6.6. Diagrama de flujo del proceso



3.6.7. Especificaciones técnicas de las maquinarias

FICHA TECNICA DE EQUIPOS 001				OLIVO S.A.C.	
NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		GRUPO	
Cargador Frontal		01		Maquinaria pesada	
MARCA	MODELO	COLOR	AÑO	NÚMERO DE PLACA	
SEM	659C	Amarillo	2010		
FABRICANTE	CAT				
	ESPECIFICACIONES TECNICAS				
	Motor	CAT, 6 cilindros			
	Potencia	217HP/2200 rpm			
	Eje frontal	Fijo a la estructura			
	Eje posterior	oscilante			
	Caja de velocidades	4 marcha + 3 retrocesos			
	Cabina	Joystick			
	Direccion	Hidraulica			
	Capacidad de cuchara	0.9 m3			
	Distancia entre ejes	2150 mm			
	Levante de cuchara	3.71 s			
	Descenso de cuchara	2.54 s			
	Llantas delanteras	23.5 x 25 – 18 – PR – L - 3			
	Llantas traseras	23.5 x 25 – 16 – PR – L - 3			
SISTEMAS PRINCIPALES DEL EQUIPO					
Sistema de potencia y refrigeracion					
Sistema neumatico					
Sistema electrico					
Sistema de suspension					
Sistema de direccion					

FICHA TECNICA DE EQUIPOS 001				OLIVO S.A.C.
NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		GRUPO
Volquete Howo		02		Maquinaria pesada
MARCA	MODELO	COLOR	AÑO	NÚMERO DE PLACA
Sinotruck	Wd615.47	Rojo	2010	T4P - 382
FABRICANTE	Sinotruck			
	ESPECIFICACIONES TECNICAS			
	Motor	Sinotruck		
	Potencia	317Hp/2200rpm		
	Caja de velocidades	HW19710, 10F Y 2R		
	Cabina	Hw76		
	Eje delantero	Doble cruce en T		
	Eje trasero	Cubo reductor		
	Tanque de combustible	300 L / 79 G		
	Largo de plataforma	8214 mm		
	Chasis	Sinotruck		
	Direccion	Hidraulica		
	Embraque	Monodisco seco		
	llantas	8.50" x 20"		
SISTEMAS PRINCIPALES DEL EQUIPO				
Sistema de potencia y refrigeracion				
Sistema neumatico				
Sistema electrico				
Sistema de suspension				
Sistema de direccion				

FICHA TECNICA DE EQUIPOS 001				OLIVO S.A.C.
NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		GRUPO
Volquete Jac		03		Maquinaria pesada
MARCA	MODELO	COLOR	AÑO	NÚMERO DE PLACA
JAC	HFC 3090 K	Azul		T3J - 824
FABRICANTE	Dump truck			
	ESPECIFICACIONES TECNICAS			
	Motor	YC4D120 – 21 FURO 2		
	Potencia	121 Hp / 2300 rpm		
	Caja de cambios	5 velocidades + 1 reversa		
	Cabina	King		
	Eje delantero	Amortiguacion hidraulica		
	Eje trasero	Con auximilador hidraulico		
	Tanque de combustible	65 g		
	Distancia entre ejes	2500 mm		
	Largo de plataforma	4840mm		
	Direccion	Hidraulica		
	Embrague	Monodisco seco		
	Llantas	9.00 - 20		
SISTEMAS PRINCIPALES DEL EQUIPO				
Sistema de potencia y refrigeracion				
Sistema neumatico				
Sistema electrico				
Sistema de suspension				
Sistema de direccion				

FICHA TECNICA DE EQUIPOS 001				OLIVO S.A.C.	
NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		GRUPO	
Nissan Frontier		04		Vehiculo	
MARCA	MODELO	COLOR	AÑO	NÚMERO DE PLACA	
Nissam	Frontier	rojo	2013	TC1 - 902	
FABRICANTE	Nissan				
	ESPECIFICACIONES TECNICAS				
	Motor	Gasolina, 4 tiempos			
	Potencia	150 Hp / 6000 rpm			
	Alternador	120 A / 1620 w			
	Traccion	2WD			
	Transmision	6 Mt			
	Frenos (del./post.)	Disco ventilado / tambor			
	Direccion	Hidraulico			
	Suspension frontal	Doble horquilla			
	Suspension trasera	Multi 5 brazos			
	Cilibrada	2389 cc			
	Cilindros	4 en linea			
	Llantas	255 / 70R16			
SISTEMAS PRINCIPALES DEL EQUIPO					
Sistema de potencia y refrigeracion					
Sistema neumatico					
Sistema electrico					
Sistema de suspension					
Sistema de direccion					

FICHA TECNICA DE EQUIPOS 001			OLIVO S.A.C.		
NOMBRE DEL EQUIPO					
Moto carga		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		GRUPO	
		05			
MARCA					
MODELO					
COLOR					
AÑO					
NÚMERO DE PLACA					
Wanxin		WX200ZH		Rojo	
FABRICANTE					
Wanxin					
ESPECIFICACIONES TECNICAS					
		Motor			200cc / 4T
		Potencia			1450 Hp / 7500 rpm
		Encendido			Electrico y pedal
		Freno			Tambro del./hidraulico post
		Velocidades			5 velocidades + 1 reversa
		Llantas			4.50 – 12 / 4.50 - 12
		Capacidad de carga			600 kg
		capacidad combustible			16L / 4 g
		Tolva			Reclinable/2 m x 1.30m
		Transmison			Post. Corona y cardan
		Suspension delantera			Barras telescopicas
		Suspension posterior			Muelles, resorter y oscilante
SISTEMAS PRINCIPALES DEL EQUIPO					
Sistema de potencia y refrigeracion					
Sistema neumatico					
Sistema electrico					
Sistema de suspension					
Sistema de direccion					

3.6.8. Seguridad y medio ambiente

Seguridad en el trabajo

La seguridad en el trabajo es de desarrollo de buenos hábitos. El personal encargado del mantenimiento se encuentra expuestos a cualquier accidente. Hay innumerables formas en la que un equipo puede causar alguna lesión grave o en algunos la muerte. Por lo tanto, debemos seguir algunas recomendaciones.

- El trabajo debe desarrollarse en un ambiente limpio y ordenado.
- Utilizar correctamente las herramientas.
- Estar siempre atentos al momento de realizar un trabajo.
- Utilizar el equipo de protección ambiental.
- Conserva cerca un extintor de incendios.
- Utilizar soportes para ayudar al gato cuando se está trabajando debajo del equipo.
- Desconectar la batería cuando se trabaje en el sistema eléctrico del equipo.
- Contar con ventilación cuando se trabaje con sustancias químicas.
- No acercarse a partes en movimiento cuando se utilicen prendas de vestir flojas.
- No fumar cuando se esté trabajando con combustibles u otras sustancias inflamables.

Medio ambiente

Conjunto de acciones relacionadas con el cuidado del medio ambiente. Beneficios del cuidado del medio ambiente.

- Disminución de accidentes.
- Se aprovecha el espacio del taller al estar ordenado y limpio.
- Se obtiene buenos usos de los recursos.
- Genera confianza al cliente al mismo personal.
- Aumento del rendimiento del trabajo.

3.6.10. Recursos requeridos

Se muestra el personal a realizar las tareas del plan de mantenimiento.

ITEM	Especialidad	Cargo	cantidad
01	Mecánico	Operario	1
02	Electricista	Operario	1
03	Ing. Mecánico electricista	supervisor	1

Tabla 24: Personal requerido. Plan de mantenimiento.

3.6.11. Consideraciones de seguridad, salud y restricciones

- El orden del plan de mantenimiento preventivo no puede ser alterado y ante cualquier duda consultar con el supervisor encargado.
- El personal antes de realizar la tarea de mantenimiento debe hacer constatar el desarrollo de la misma en el formato de la orden de trabajo (Anexo). El cual deberá ser firmada por el supervisor (Ing. Mecánico Electricista).
- Una correcta identificación de peligro y evaluación de riesgos solo se logra con del buen juicio, por lo que es necesario que esta actividad se realice sin prisa y evaluando minuciosamente los peligros presentes.
- Está totalmente prohibido que el personal no capacitado intervenga en la actividad de mantenimiento.
- Revisar la zona donde se realizan los trabajos de mantenimiento, para poder identificar todo aquello que causa daños a la integridad de la persona, a los equipos, al medio ambiente o a la empresa.

3.6.12. Manejo de repuestos y herramientas

La empresa ferretería Olivo s.a.c. no cuenta con un almacén de repuestos, por lo que son adquiridos en el momento que se realiza la reparación, el cual conlleva a una pérdida de tiempo.

La empresa cuenta con herramientas básicas para realizar un mantenimiento básico.

ITEM	HERRAMIENTA	CANTIDAD	UNIDAD	CODIGO
1	Llave mixta 8mm	1	pza	M-001
2	Llave mixta 10mm	1	pza	M-002
3	Llave mixta 11mm	1	pza	M-003
4	Llave mixta 12mm	1	pza	M-004
5	Llave mixta 13mm	1	pza	M-005
6	Llave mixta 14mm	1	pza	M-006
7	Llave mixta 17mm	1	pza	M-007
8	Llave mixta 19mm	1	pza	M-008
9	Llave mixta 21mm	1	pza	M-009
10	Llave mixta 24 mm	1	pza	M-010
11	Llave mixta 27mm	1	pza	M-011
12	Llave mixta 30mm	1	pza	M-012
13	Llave mixta 32mm	1	pza	M-013
14	Llave mixta 1/2"	1	pza	M-014
15	Llave mixta 9/16"	1	pza	M-015
16	Llave mixta 5/8"	1	pza	M-016
17	Llave mixta 11/16"	1	pza	M-017
18	Llave mixta 13/16"	1	pza	M-018
19	Llave mixta 15/16"	1	pza	M-019
20	Llave de ruedas	1	pza	M-020
21	Llave de ruedas	1	pza	M-021
22	Gato	1	pza	M-022
23	Palanca de dados	1	pza	M-023
24	Juego de dados	1	pza	M-024
25	Cinzel	1	pza	M-025
26	Punzón	1	pza	M-026
27	Destornillador plano	1	pza	M-027
28	Destornillador plano	1	pza	M-028
29	Destornillador estrella	1	pza	M-029
30	Destornillador estrella	1	pza	M-030
31	Llave francesa	1	pza	M-031
32	Llave inglesa	1	pza	M-032
33	Medidor de aire	1	pza	M-033
34	Martillo	1	pza	M-034
35	Llave stillsón 7/8"	1	pza	M-035
36	Alicate de presión	1	pza	M-036
37	Alicate	1	pza	M-037
38	Sierra	1	Pza	M-038
39	lima	1	Pza	M-039

Tabla 25: Listado de herramientas

. Periodo abril 2015 – enero 2016

ITEM	MÁQUINA	CANTIDAD	CODIGO
1	Tornillo de banco	1	M-040
2	Esmeril de banco	1	M-041
3	Esmeril de mano	1	M-042
4	Soldadora	1	M-043
5	Taladro de mano	1	M-044
6	Cortadora radial	1	M-045

Tabla 26: Listado de máquinas. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.6.13. Actividades de mantenimiento

- **Planificación del mantenimiento**

La planificación del mantenimiento permite tomar acciones que estarán sujetas a la cantidad y calidad de mano de obra, con el fin de satisfacer las necesidades, identificando los recursos y definiendo los medios para asegurar una confiabilidad y disponibilidad aceptable, en el tiempo probable de trabajo que se pretende desarrollar.

- **Programación del mantenimiento**

Diseñado teniendo en cuenta cada una de los sistemas o partes principales que conforman cada equipo. De tal modo que se realice un mantenimiento ordenado, permitiendo desarrollar las actividades de acuerdo a lo programado por la empresa, con el fin de reducir el número de fallas y tiempos por reparación para cada maquinaria.

El objetivo de la programación consiste en efectuar los trabajos que se han planificado para realizar el mantenimiento, con los grados de urgencia, los materiales y el personal necesario para cumplir el propósito de reducir tiempos.

La programación de mantenimiento se debe elaborar de forma adecuada, conociendo los pasos que se debe seguir para realizar el trabajo de una manera satisfactoria. Para realizar la programación de mantenimiento de las maquinarias de la empresa ferretería Olivo s.a.c., se han determinado mediante intervalos en kilómetros recorrido, para lo cual esto se mide a través de los indicadores del tablero de cada unidad.

A continuación, se presentaran las operaciones de mantenimiento que se realizara a cada maquinaria de la empresa ferretería Olivo s.a.c. (**ANEXO III**)

3.6.14. Preparación del mantenimiento

Las actividades que se tiene que realizar previos a iniciar las tareas del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad. Los previos obedecen a las normas y procedimientos de la organización (gerencia de seguridad y medio ambiente) y procedimientos técnicos elaborados por los mecánicos, operadores e ingenieros de mantenimiento.

Preparación del mantenimiento		
Nº	Actividad	Descripción de la actividad
1	Coordinación del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • El supervisor debe coordinar el proceso de mantenimiento, viendo la disposición de los equipos que intervienen en el desarrollo de dicho trabajo. • Comunicar la acción de mantenimiento que se aplica.
2	Gestión de materiales y repuestos	<ul style="list-style-type: none"> • El supervisor debe brindar las herramientas o repuestos que son necesarios para realizar el mantenimiento.
3	Supervisión de inventario de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • El supervisor debe inspeccionar si el personal cuenta con su EPP (equipo de protección personal) antes de realizar su trabajo.
4	Supervisión de equipos y herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • El supervisor debe inspeccionar si las herramientas o equipos a utilizar en el trabajo de mantenimiento se encuentran en buen estado, de lo contrario se procede a cambiarlo.
5	Traslado de equipos y herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • El personal de mantenimiento debe transportar las herramientas y equipos de forma segura y adecuada al lugar de trabajo.

Tabla 27: Preparación del mantenimiento

3.6.15. Finalización del mantenimiento

Las actividades que se tiene que realizar finalizado las tareas de mantenimiento según plan de mantenimiento basado en la confiabilidad. El orden, limpieza y las pruebas de funcionamiento son normas de la organización (gerencia de seguridad y medio ambiente, gerencia de operaciones) y procedimientos técnicos elaborados por los mecánicos, operadores e ingenieros de mantenimiento.

Finalización del mantenimiento		
Nº	Actividad	Descripción de la actividad
6	Verificación del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• El supervisor inspecciona y revisa si la tarea de mantenimiento se llevó a cabo correctamente.• Preparar al equipo para realizar las pruebas correspondientes a su funcionamiento.
7	Prueba de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none">• El supervisor realiza las operaciones de prueba, verificando si las fallas se eliminaron, de lo contrario volver a identificar donde se encuentra la falla y corregirla.• Realizar nuevas pruebas de la maquinaria, Ok.
8	Orden y limpieza	<ul style="list-style-type: none">• El personal encargado de la tarea de mantenimiento debe ordenar y limpiar el área donde se realizó el trabajo antes de retirarse.
9	Informe	<ul style="list-style-type: none">• Anexar el informe en la orden de trabajo.

Tabla 28: Finalización del mantenimiento.

Se utilizarán técnicas de mantenimiento predictivo, con el fin de reducir costos en la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

3.6.16. Técnicas de mantenimiento predictivo

Se realizará un seguimiento y control de los parámetros y esto se llevara a cabo mediante la vigilancia periódica, con el fin de conocer el tiempo en que se podría efectuar el plan de mantenimiento preventivo.

Conocer en todo momento el estado en que se encuentra cada maquinaria, nos permitirá detectar fallas incipientes, lo que impide que alcance proporciones indeseables.

Por otro lado, permite alargar la vida útil de los componentes, evitando el reemplazo antes de que se encuentren dañados, y, por último, al conocer el estado de un defecto, se programarían las paradas y reparaciones previniéndose los repuestos innecesarios, lo que hace aumentar la disponibilidad.

Solo se utilizarán dos técnicas de mantenimiento predictivo, como: inspección visual y análisis por algoritmo estadístico, ya que son técnicas que no generan gastos.

- **Inspección Visual**

Se procederá a la inspección directa y periódica de las maquinarias, con el fin de detectar alguna falla que se manifieste físicamente de la manera: desgastes, fisuras, grietas, soltura de algún elemento fijo, etc.

La información que se tome de la inspección periódica, se guardara mediante el formato de la lista de chequeo (LC - 2016), detallando el desempeño y alguna anomalía que se pueda presentar en la maquinaria.

- **Análisis por algoritmos estadísticos**

Con esta técnica podremos determinar causas que han producido las fallas. Los resultados se obtendrán mediante la búsqueda de caminos críticos y la probabilidad de fallas de componentes.

Para la utilización de esta técnica se utilizará un modelo gráfico, donde se muestre las distintas combinaciones de falla de los componentes, como también las fallas humanas, cuya acción simultánea nos permitirá desembocar en un suceso accidental. Se utilizará el proceso deductivo basado en las leyes de Algebra de

Boole, quien permite determinar los sucesos complejos en función de las fallas básicas.

Se desarrollará enlazando tipos de sucesos mediante la que se denomina puertas lógicas. Se representará gráficamente durante la elaboración de un árbol mediante símbolos que representan los tipos de sucesos.

Los símbolos representan tanto sucesos, puertas lógicas y transferencias. Los más importantes son los siguientes:

	Suceso básico: su seceso básico, no requiere posterior desarrollo.
	Suceso condicionante: condiciones o restricciones aplicables a cualquier bloque lógico
	Suceso no desarrollado: suceso que no se ha desarrollado más, por información insuficiente.
	Suceso externo: suceso que se espera que ocurran normalmente.
	Suceso intermedio: suceso de fallo que ocurren por una o más causas anteriores que actúan a través de bloques lógicos
	Puerta lógica “y”: el suceso de salida ocurre si y solo si ocurren todos los de entrada.
	Puerta lógica “o”: el suceso de salida ocurre si y solo si ocurren uno o más de los de entrada.
	Puerta lógica “o” exclusiva: el suceso de salida ocurre si ocurre exactamente una de las entradas.
	Puerta lógica “y” prioritaria: el suceso de salida ocurre solo si todas las entradas ocurren en una secuencia específica ordenada.
	Puerta lógica de inhibición: el suceso de salida ocurre partiendo de una única entrada siempre que se satisfaga una condición dada.
	Transferencia interior: indica que el árbol sigue su desarrollo en otro lugar.
	Transferencia interior: indica donde debería unírsele.

Tabla 29: Símbolos de suceso, puertas lógicas y trasferencias.

(Eñaut y Gorka. 2009)

3.7. ELABORACIÓN DEL PROGRAMA COMPUTACIONAL DE MANTENIMIENTO

Para simular resultados de los indicadores de mantenimiento, análisis de criticidad y costos, se realizó mediante el programa Excel 2013, aplicando un algoritmo según formulas de la teoría.

Este procedimiento ayudará a la comprensión clara del programa de mantenimiento en la empresa. En el programa de mantenimiento se podrá observar los mantenimientos venideros y los insumos necesarios para facilitar y agilizar el planeamiento de estos, con los datos que se registran por medio de las hojas de control y de la hoja de supervisión de las máquinas. Con este procedimiento solo tenemos que ingresar datos y así obtendremos resultados más exactos, además de estar al tanto del estado en el que se encuentra cada máquina. **(Programa computacional anexo)**

EVALUACIÓN DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO (Volquete Jac)										
TIEMPOS DE MANTENIMIENTO					INDICADORES		%			
(TEF) TIEMPO ENTRE FALLAS (Hrs)	457,83				DISPONIBILIDAD	0,769	76,9			
(TPR) TIEMPO PARA REPARAR (Hrs)	137,35									
(i) NUMERO DE FALLAS	24									
(TMEF) TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (Hrs)	19,08				CONFIABILIDAD	0,732	73,2			
(TMPR) TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (Hrs)	5,72									
TMEF + TMPR	24,80									
TASA DE FALLAS (λ)	0,05									
TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (TTO)	595,18									

Figura 23: Evaluación de indicadores de mantenimiento

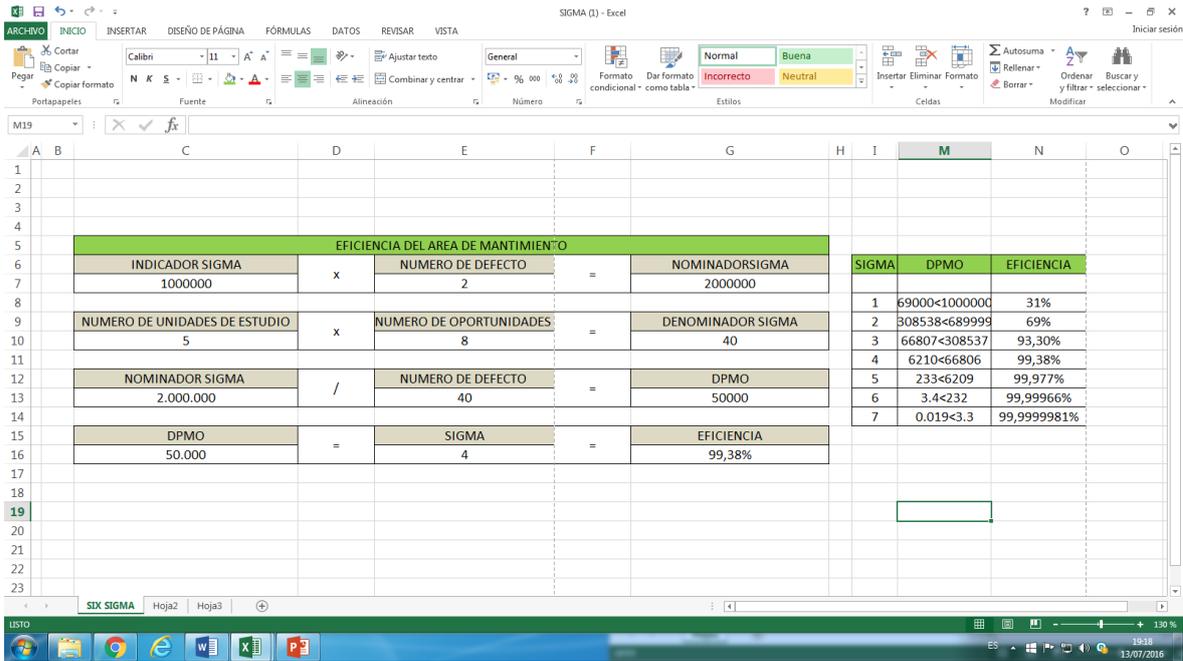


Figura 24: Six sigma.

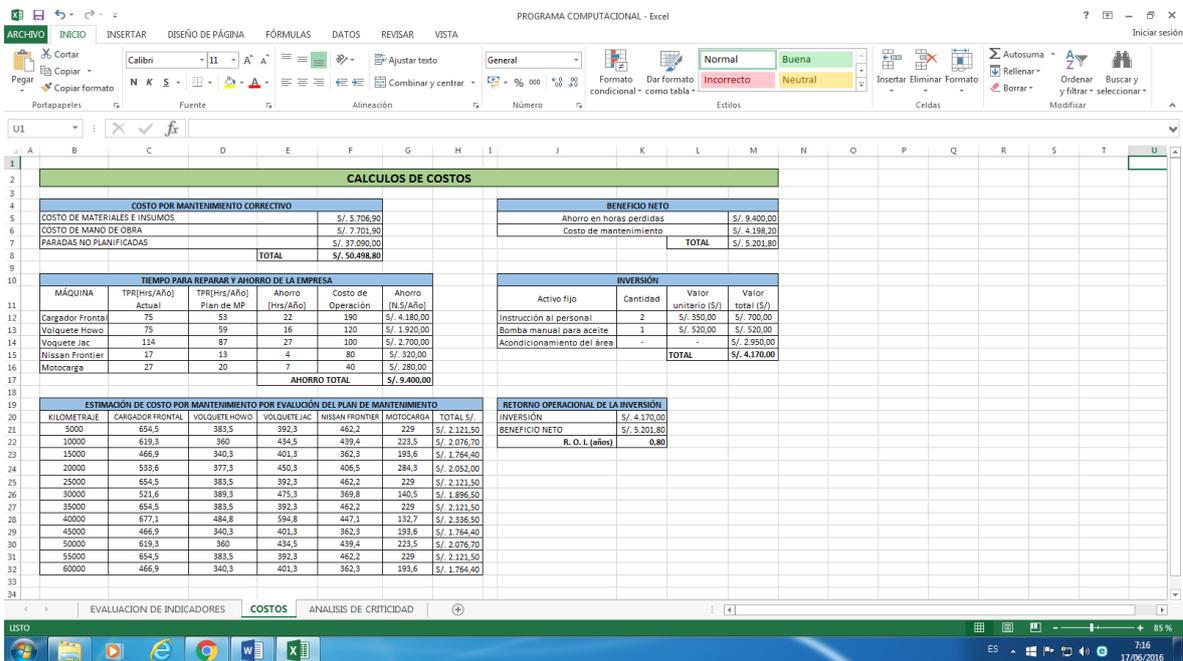


Figura 25: Evaluación de costos

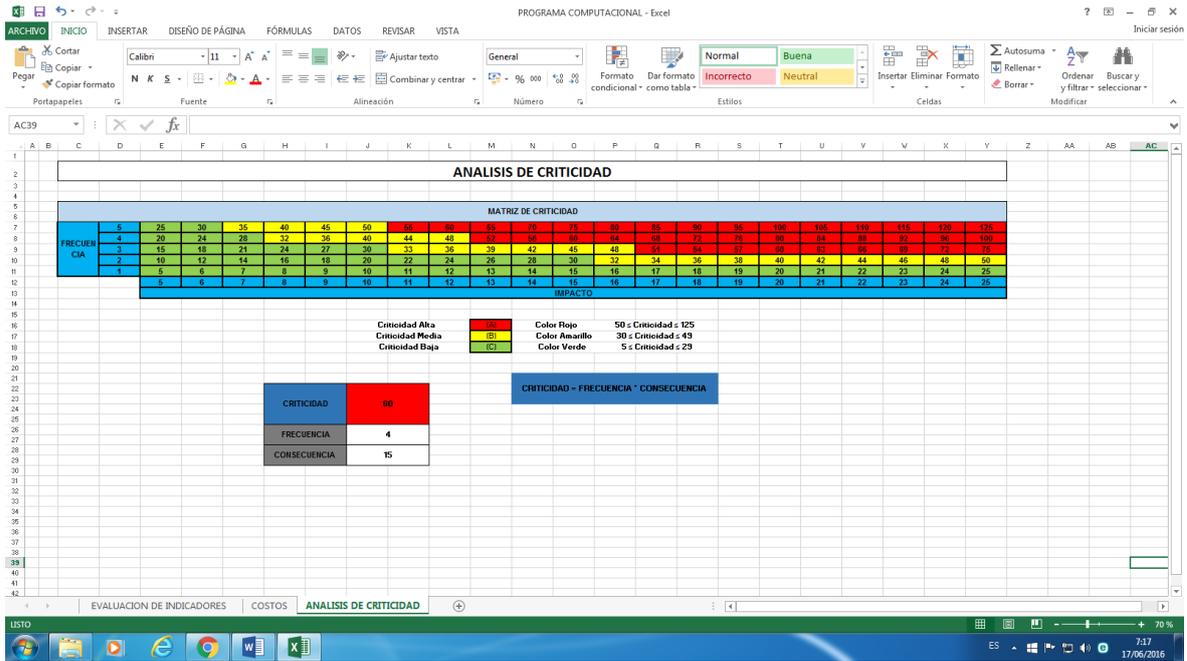


Figura 26: Análisis de criticidad

3.8. SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO, CON EL PROGRAMA COMPUTACIONAL

3.8.14. Simulación con el programa computacional de los nuevos valores de indicadores de mantenimiento

Una vez aplicado el plan de mantenimiento se procederá a simular en el programa computacional y así obtendremos nuevos resultados los cuales se muestran en la siguiente tabla:

MÁQUINA	TOT[Hrs]	TMPR [Hrs/Año]	TMEF [Hrs/Año]	Fallas	D(T)	Tasa de fallas	R(T)
Cargador Frontal	726,5	9,12	94,66	7	91 %	0,01	93 %
Volquete Howo	655,42	5,92	48,7	12	90 %	0,02	88 %
Volquete Jac	644,58	7,32	38,73	15	84 %	0,025	85 %
Nissan Frontier	2244,58	5,22	742,97	3	99 %	0,001	98 %
Motocarga	554,1	1,85	40,77	13	95 %	0,02	99 %

Tabla 30: Disponibilidad y confiabilidad con la propuesta de mantenimiento.

Periodo abril 2015 – enero 2016

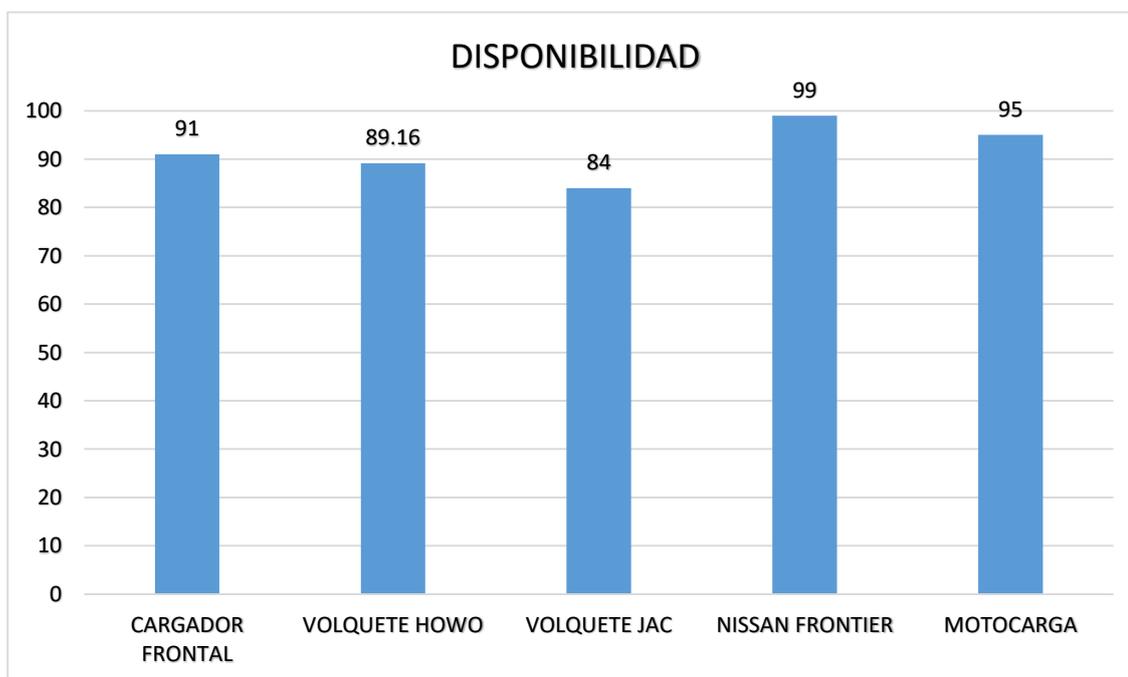


Figura 27: Nueva disponibilidad. Periodo abril 2015 – enero 2016

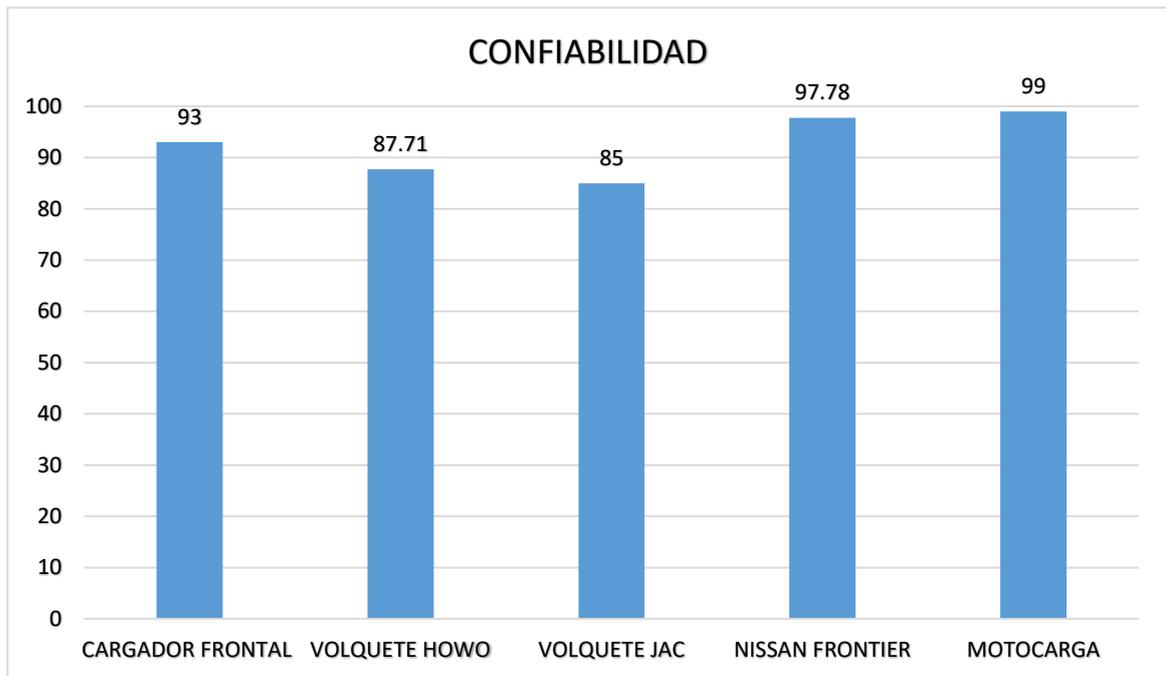


Figura 28: Nueva confiabilidad. Período abril 2015 – enero 2016

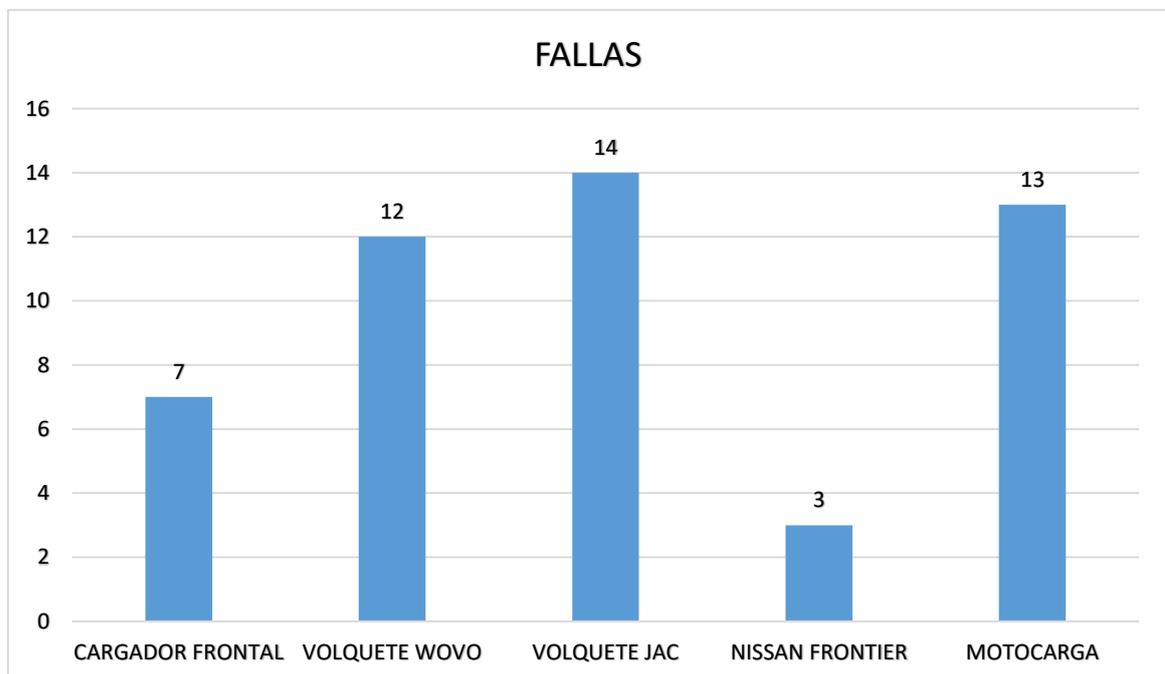


Figura 29: Fallas. Período abril 2015 – enero 2016

3.8.15. Auditoria de la gestión del mantenimiento según norma ISO 19011:2004

Resultados una vez evaluado el plan de mantenimiento preventivo a la empresa ferretería Olivo s.a.c., aplicando la auditoria de gestión de mantenimiento según la norma ISO 19011:2004.

AREAS AUDITADAS	ESCALA DE MEDICION				TOTAL POR AREA
	0	1	2	3	
Organización de mantenimiento (A1)			X		2
Mano de obra (A2)				X	3
Materiales (A3)			X		2
Seguridad (A4)			X		2
Medio Ambiente (A5)			X		2
Resultados obtenidos (A6)				X	3
Satisfacción del cliente (A7)				X	3
				TOTAL	17

Tabla 31: Auditoria de la gestión de mantenimiento, con la propuesta del plan de mantenimiento. Periodo abril 2015 – enero 2016

Máxima puntuación posible: 21

Puntos obtenidos: 17

$$\text{índice de conformidad} = \frac{\text{puntos obtenidos}}{\text{puntos posibles}} \times 100$$

$$\text{índice de conformidad} = \frac{17}{21} \times 100 = 81 \%$$

De acuerdo con el índice de conformidad, según la norma ISO 19011:2004, se considera una evaluación de gestión de mantenimiento, muy buena. El índice de conformidad se elevó en un 33% una vez evaluado el plan de mantenimiento preventivo.

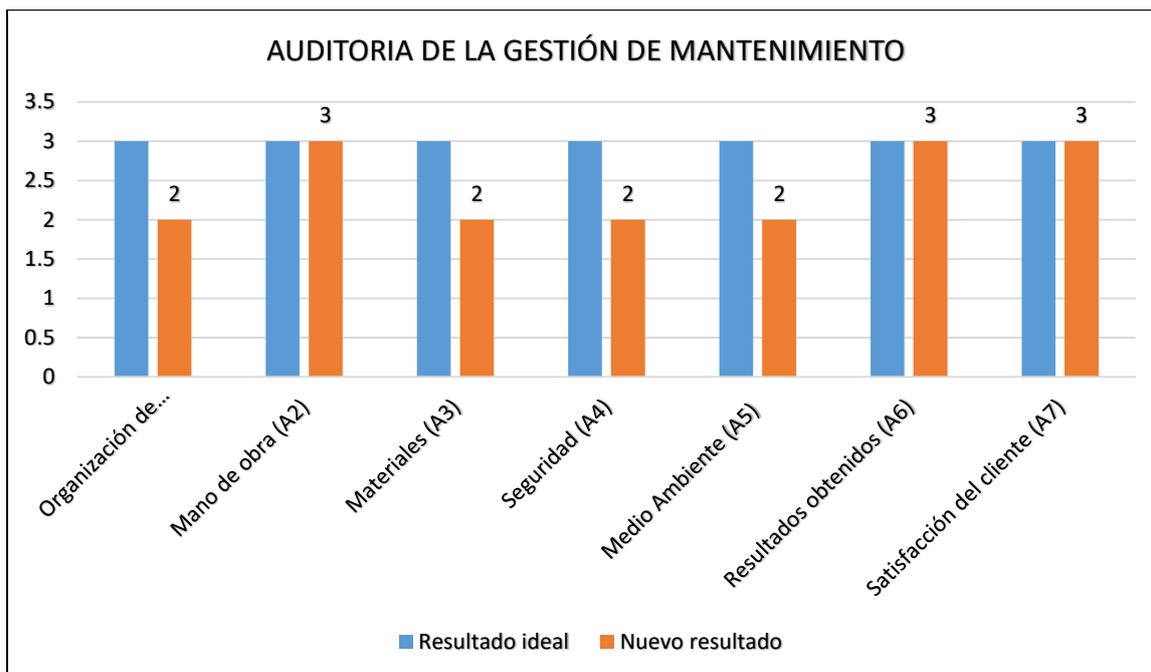


Figura 30: Auditoria de la gestión de mantenimiento, con la propuesta del plan de mantenimiento. Período abril 2015 – enero 2016

3.8.16. Eficiencia del área de mantenimiento con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo.

Con la propuesta de mantenimiento simularemos en el programa computacional, obteniendo nuevos valores en la eficiencia del área de mantenimiento según metodología Six sigma.

MES	FALLAS	DPMO	SIGMA	EFICIENCIA
Abril	8	320000	1	31 %
Mayo	2	80000	2	69 %
Junio	7	280000	2	69 %
Julio	5	200000	2	69 %
Agosto	4	160000	2	69 %
Septiembre	3	120000	2	69 %
Octubre	8	320000	1	31 %
Noviembre	4	160000	2	69 %
Diciembre	6	240000	2	69 %
Enero	2	80000	2	69 %

Tabla 32: Eficiencia del área de mantenimiento.

3.8.17. Cálculos de costos por evaluación del plan de mantenimiento preventivo

Costos de mantenimiento preventivo 5000 km – cargador frontal					
Repuestos insumos					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Filtro de aceite	1	Pieza	44.7	44.7
2	Filtro de combustible	1	Pieza	42.1	42.1
3	Aceite de caja	2	Galón	49	98
4	Aceite de corona	3	Galón	51.5	154.5
5	Aceite de motor	3	Galón	68.4	205.2
				TOTAL	S/.544.5
Recursos humanos					
ITEM	DESCRIPCION	HORAS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	Técnico mecánico	5	12	1	60
2	Técnico electricista	2	25	1	50
				TOTAL	S/.110
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO 5000KM					S/.654.5

Tabla 33: Costo evaluación del plan de mantenimiento.

Periodo abril 2015 – enero 2016

El cuadro de estimación de costos por mantenimiento en las maquinarias se encuentra en el **Anexo**

3.8.17.1. Tiempo para reparar y ahorro de la empresa ferretería olivo s.a.c.

MAQUINA	TPR[Hrs/Año] Actual	TPR[Hrs/Año] Plan de MP	Ahorro [Hrs/Año]	Costo de Operación	Ahorro [N.S/Año]
Cargador Frontal	75	53	22	190	4180
Volquete Howo	75	59	16	120	1920
Volquete Jac	114	87	27	100	2700
Nissan Frontier	17	13	4	80	3200
Motocarga	27	20	7	40	280
TOTAL AHORRO					S/. 12280

Tabla 34: Ahorro. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.8.3.3. Beneficio neto

Ahorro en horas perdidas	+12280
costos de mantenimiento preventivo	-4198.2
BENEFICIO NETO	S/. 8081.8

Tabla 35: Beneficio neto. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.8.3.4. Inversión

Activo fijo	Cantidad	valor unitario (S/)	valor total(S/)
Instrucción al personal	2	350	700
bomba manual para aceite	1	520	520
acondicionamiento del área	-	-	2950
		TOTAL	S/. 4170

Tabla 36: Inversión. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.8.3.5. Retorno operacional de la inversión

$$R.O.I. = \frac{\text{inversión [N.S.]}}{\text{beneficio neto [N.S.]/año}}$$

$$R.O.I. = \frac{4170}{8081.8} = 0.52 \text{ año}$$

$$0.52 \text{ año} = 6.24 \text{ meses} = 188 \text{ días}$$

3.8.3.6. Costos de mantenimiento

Descripción	Costos totales (S/)
Costo total mantenimiento correctivo Periodo nov. 2014-julio 2015	4995
Costo mantenimiento preventivo Costo total 8 equipos (Anexo)	2121.5
AHORRO	S/. 2873.5

Tabla 37: Costos de mantenimiento. Periodo abril 2015 – enero 2016

3.8.4. simulación del análisis de criticidad

Una vez evaluado el plan de mantenimiento preventivo a la empresa ferretería Olivo s.a.c. aplicamos el análisis de criticidad a los equipos en el programa computacional, realizando el conjunto de acción propuestas en el plan de mantenimiento.

EQUIPOS	CRITERIOS					Consecuencia	VALOR CRITICO
	F.F	I.o	F.o	C.m	Imp		
Cargador Frontal	3	4	1	1	1	7	21
Volquete Howo	4	4	1	1	3	9	36
Volquete Jac	4	4	1	1	3	9	36
Nissan Frontier	2	1	1	1	1	4	8
Motocarga	4	1	1	1	1	4	16

Tabla 38: Determinación del nuevo valor crítico.

Periodo abril 2015 – enero 2016

EQUIPO	VALOR CRITICO	NIVEL CRITICIDAD
Cargador Frontal	21	C. baja
Volquete Howo	36	C. media
Volquete Jac	36	C. media
Nissan Frontier	8	C. baja
Motocarga	16	C. baja

Tabla 39: Nivel de criticidad. Periodo abril 2015 – enero 2016

IV. DISCUSIÓN

- En el estudio de Becerra & Bohórquez (2007), “Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria de la empresa Mejía Villegas Constructores S.A.” Aplico un programa de mantenimiento preventivo para aumentar el rendimiento de las maquinarias, analizando el estado actual de las maquinarias y elaboro fichas técnicas y hoja de vida de cada equipo. Utilizando software implementado de mantenimiento preventivo, que permite capturar la información de códigos de equipos y descripción, también crea órdenes de trabajos donde se cuadran las fechas de programación, incluye información de equipos en los subformularios de oficios y artículos de repuestos y la fecha de cierre de la orden de trabajo.
- En el estudio de Figueroa y Colon (2009), “Diseño de un programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados de la empresa CENTTRACAR”. Implemento un programa de mantenimiento que ayude a mejorar la confiabilidad y disponibilidad, para prestaciones de un buen servicio, eficiente y oportuno. Permitiendo que dicho programa representará un mecanismo por medio del cual la empresa optimizará su servicio, es decir que no tendrá paradas de producción imprevistas que dificulten el desarrollo y el cumplimiento de trabajos de parte de la misma o riesgos en los operarios y que es fundamental para conservar los equipos de la empresa en una condición segura y funcional.
- En el estudio de Gómez (2012), “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para el taller mecánico de la empresa Transpesa S.A.C.”, propuso mejorar los factores que se encuentran en bajo nivel productivo, analizando los indicadores de mantenimiento, ordenes de trabajo, horas de operación, etc. Permitted aumentar la productividad en un 6%, reduciendo las horas extras por parte del personal de mantenimiento en un 2%, e igualmente se hizo con las horas de emergencia y hora hombre por emergencia.
- En el estudio de Bazán (2015), “Optimización de los procesos en el taller de mantenimiento de transportes Línea s.a. basado en la reducción y

eliminación de pérdidas del mantenimiento productivo total (TPM) para minimizar los costos de operación”. Tiene como finalidad reducir costos por operación, crear conciencia preventiva dentro de la organización, elevar la productividad y eficiencia del taller, así como mejorar la distribución de las maquinarias, herramientas y equipos de trabajo. Se llegó a la conclusión del aumento la productividad del taller mediante la reducción de incidentes de las unidades atendidas en taller, esto permitió que la atención en taller aumente de 8 a 12 unidades por día.

V. CONCLUSIÓN

- En la evaluación de los indicadores de mantenimiento como la confiabilidad y disponibilidad en estado actual, se obtuvo que las maquinarias estuvieron en un rango de confiabilidad (73.38% a 96.04%) y disponibilidad (76.94% a 98.88%). Debido a tales condiciones los indicadores globales de todas las maquinarias resultaron: 84% de confiabilidad y 87 % en disponibilidad.
- Evaluando el área de mantenimiento por medio de la metodología Six sigma, con la implementación la técnica de las 5S, se obtuvo una eficiencia de 46.2%.
- Se determinó que costos por mantenimiento correctivo durante el periodo de abril 2015 a enero 2016, (reparaciones por fallas o averías de emergencia) en todos los equipos es de S/.7701.9. En este mismo periodo, se estimó un total de 308 horas de paros no planificados, teniendo un costo de operación de S/. 37,090. (Tabla 16).
- Se determinó que el nivel de criticidad de todos los equipos de la empresa ferretería Olivo s.a.c. es de nivel medio, excepto por dos maquinarias (volquete Howo y volquete Jac), cuyo nivel de criticidad es alto. De acuerdo a la ponderación, para cada uno de los criterios del análisis de criticidad, los daños a la salud de los trabajadores, y efectos causados al medio ambiente son mínimos.
- Se procedió a realizar las hojas para el control de mantenimiento como: orden de trabajo y lista de chequeos; con el fin de utilizarlo como medio para registrar las acciones que se toman en el área de mantenimiento.
- El diseño del plan de mantenimiento preventivo se realizó teniendo en cuenta todos los sistemas que conforman cada maquinaria. Permitiendo un cambio en los indicadores de mantenimiento, análisis de criticidad, eficiencia del taller de mantenimiento y costos.

- Se elaboró un programa en Excel de actividades de mantenimiento preventivo para analizar los indicadores de mantenimiento como disponibilidad y confiabilidad, también para el análisis de criticidad, evaluación del área de mantenimiento por la metodología Six sigma y la evaluación de costos.

- Evaluando la propuesta de mantenimiento se obtuvo: hubo una reducción de fallas de 25; permitiendo un cambio en los indicadores de mantenimiento: disponibilidad 92% produciendo un aumento de 5% y confiabilidad 93% produciendo un aumento de 9%.
Mejoro la eficiencia del área de mantenimiento a 61.4%, permitiendo un aumento de 15.2 %.
También se produjo un ahorro de S/.2873.5, retornando la inversión en un periodo de 10 meses.
Se determinó que el nivel de criticidad de los equipos de la empresa en un nivel bajo, solo con dos maquinarias en nivel medio de criticidad (volquete Howo y volquete Jac).

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar periódicamente los indicadores de mantenimiento para que de este modo podamos obtener resultados más exactos y estar al tanto del estado en el que se encuentra cada máquina, con la finalidad de seguir mejorando en el desempeño de la gestión de mantenimiento.
- Realizar un adecuado control y supervisión de mantenimiento, pues nos ayuda a conservar la vida útil de las maquinarias. Gracias al plan de mantenimiento preventivo el nivel de criticidad de cada maquinaria mejoro, como también los indicadores de mantenimiento, confiabilidad y disponibilidad. Debemos tener a los equipos en buen estado pues permite tener mayor producción y por ende mayores ganancias.
- Ir mejorando los medios de control y supervisión de los equipos (ordenes de trabajo), y para ello podría hacerse agregando o quitando algunas características con el fin de tener un control eficaz.
- Se debe tener una base de datos donde se registre los procedimientos con respecto al área de mantenimiento, compras de insumos, mano de obra o algún costo que intervenga en esta área.

VII. REFERENCIAS

- ❖ **GOMEZ (2012)**. Tesis: Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para el taller mecánico de la empresa Transpesa S.A.C. Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.2012.
- ❖ **Figuroa Morales, John y Colon Castro, Amaury**. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados de la empresa Centtracar. Universidad de Cartagena. Cartagena. 2009.
- ❖ **BAZAN (2014)**. Optimización de los procesos en el taller de mantenimiento de transportes Línea s.a. basado en la reducción y eliminación de pérdidas del mantenimiento productivo total (tpm) para minimizar los costos de operación. Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.2014.
- ❖ **Arias Paz, Manuel**. MANUAL DE AUTOMOVILES. 55 ediciones. Madrid – España: Inversiones editoriales Dossar. 2004. 1200p. ISBN: 84-89656-4
- ❖ **Belén Muñoz, Abella**. Mantenimiento industrial. Madrid. 2003.
- ❖ **García Garrido, Santiago**. Mantenimiento correctivo: organización y gestión de la reparación de averías. Vol. 4. Madrid. 2009.
- ❖ **SIMA**. Mantenimiento preventivo. Barcelona. Agosto del 2010 [En línea]. <http://www.mantenimientoplanificado.com/>.
- ❖ **2015**. Instituto Superior Tecnológico de Xalapa.Mexico. [En línea] 13 de junio de 2015. <http://www.itsx.edu.mx/transparencia/l/reglamentos-alumnos/D-AA-10-Manual-mantenimiento-preventivo-equipos-laboratorio-industrial.pdf>.
- ❖ **Eñaut Labaiel y Gorka Carrasco**. Mantenimiento predictivo. Guipúzcoa. Predictoresl. 2009.
- ❖ **Melo Gonzales, Lara Hernández y Jacobo Gordillo**. Estimación de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad. Ed (IMIQ). Monte Carlo. 2004.
- ❖ **Espínola Fuentes, Fernando**. Confiabilidad operacional de equipos, metodologías y herramientas.

- ❖ **Toro Osorio, Juan y Céspedes Gutiérrez, Pedro.** Metodología para medir la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en mantenimiento. Medellín. 1999.
- ❖ **Emerson.** Disponibilidad. Emerson procesos mariagemet. 2002.
- ❖ **HARRY M., SCHROEDER R.,** Six Sigma, 2000.
- ❖ **Alfonso, Llames Aramis. 2015.** Medicion de la gestion de mantenimiento en la empresa. [En línea] 3 de junio de 2015.
<http://www.gestiopolis.com/medicion-gestion-mantenimiento-empresa>.
- ❖ **PEMEX. 2006.** Guía de aprendizaje, Metodología análisis de criticidad (AC). [En línea] 2 de julio de 2013.
<https:// analisis.de.criticidad.pemex.mexico>.

ANEXOS

ANEXO I.

ANEXO I.

Historial de fallas de los equipos. Período abril 2015 – enero 2016

CARGADOR FRONTAL			
MES	FALLA	ACCIÓN	TPR(Hrs)
Abril	Pérdida de fuerza en el equipo	Rellenar aceite hidráulico	5
Mayo	operativo	operativo	0
Junio	Avería en cañería de transmisión	Rellenar aceite hidráulico	3
	Pérdida de fuerza en el equipo	Limpieza del filtro de petróleo	7
Julio	Fuga de combustible por tanque	Reparación de tanque de combustible	35
	Pérdida de fuerza en el equipo	Cambio de filtro de aire	
	Pérdida de fuerza en el equipo	Cambio de filtro de petróleo	
Agosto	Operativo	Operativo	0
septiembre	Avería en cañería de transmisión	Rellenar aceite hidráulico	5
Octubre	Falla de indicadores de temperatura	Reparación de tacómetro	10
	Orificio cerca al matachispa	Soldar escape	
	Acción de mantenimiento	Cambio de aceite al motor	
noviembre	Pérdida de fuerza en el equipo	Limpieza del filtro de aire	5
Diciembre	Pérdida de fuerza en el equipo	Limpieza del filtro de aire	5
Enero	Operativo	Operativo	0

VOLQUETE HOWO			
MES	FALLA	ACCIÓN	TPR(Hrs)
Abril	Problemas de alineamiento	Revisión de dirección	14
	No accionamiento del freno de motor	Reparar freno de motor	
	No funcionamiento de claxon	Fuga de aire de cometa	
Mayo	Manguera de radiador rota	Cambio de manguera de radiador	5
Junio	Fuga de hidrolina de dirección	Cambio de cañería de hidrolina	5
Julio	Fuga de aceite	Cambio de retén de eje tractor	7
	Acción de mantenimiento	Cambio de hidrolina de dirección	
Agosto	Boya de combustible averiada	Reparación de boya de combustible	6
	Llanta deteriorada	Cambio de llanta	
Septiembre	Pérdida de fuerza de motor	Calibrar balancines	4
	Embrague muy suelto	Regular embrague	
	Faja de ventilador desgastada	Cambio de faja de ventilador	
Octubre	Acción por mantenimiento	Cambio de aceite de corona	8
	Foco quemado	Cambio de foco	
	Falla de sensor de presión de aceite	Revisión de presión de sensor de aceite	
Noviembre	Operativo	Operativo	0
Diciembre	Juego en el timón	Presar terminales en barra de dirección	18
	No carga aire para freno	Avería en el sistema de carga de aire	
Enero	Combustible sucio llega al filtro de combustible	Revisar el sistema de combustible	5

VOQUETE JAC			
MES	FALLA	ACCIÓN	TPR(Hrs)
Abril	fuga por retan de caja de dirección	cambio de caja de dirección	9
	No funciona silenciador	Reparar silenciador	
	Tubo de escape roto	Reparar tubo de escape	
Mayo	Sonido de rozamiento de cruceta	Engrase cruceta cardan	3
Junio	Llanta deteriorada	Cambio de llanta	5
	Perno centro de muelle sin hilo	Cambio de perno de centro de muelle	
Julio	Avería cerca al matachapa	Reparar tubo de escape	32
	Llantas posteriores desgastadas	Cambio de llantas	
	No carga el aire	Revisión sistema de aire	
Agosto	No acciona el bombín de embrague	Revisar bombín de embrague	5
	Fallas direccionales	Revisar luces	
Septiembre	Avería en cañería de bomba hidráulica	Rellenar aceite de transmisión	9
	Acción de mantenimiento	Cambio de aceite de transmisión	
Octubre	Fuga tanque de combustible	Soldar tanque de combustible	12
	No acciona bombín de embrague	Reparar bombín de embrague	
	Baterías no cargan	Cambio de batería	
Noviembre	Sonido de rozamiento de cruceta	Engrase de cruceta de cardán	14
	Guardabarro desolidado	Reparar base de guarda barro posterior	
	Perno centro de muelle sin hilo	Cambio de perno de centro de muelles	
Diciembre	Demora en encender motor	Reparar amancador	20
	No entran los cambios	Reparar caja de cambios	
	Fallas direccionales	Revisar luces	
Enero	Bajo nivel de aceite de motor	Rellenar aceite de motor	5
	Cruceta de cardan lacrada	Cambio de cruceta de cardan	

CAMIONETA NISSAN FRONTIER			
MES	FALLA	ACCIÓN	TPR(Hrs)
Abril	Operativo	Operativo	0
Mayo	Operativo	Operativo	0
Junio	Combustible sucio en filtros	Limpieza de tanque de combustible	8
Julio	Operativo	Operativo	0
Agosto	Llanta deteriorada	Cambio de llanta	2
Septiembre	Operativo	Operativo	0
Octubre	Juego de timón	Prensar terminales de dirección	3
Noviembre	Fuga de refrigerante	Revisión de radiador	4
diciembre	Operativo	Operativo	0
Enero	Operativo	Operativo	0


ADOLFO A. OLIVA LEJÍAS
 GERENTE GENERAL

MOTO CARGA			
MES	FALLA	ACCIÓN	YPR(Hrs)
Abril	No acciona el freno	Reparar frenos	2
	Deterioro de llanta izquierda	Cambio de llanta	
Mayo	Bajo nivel de aceite en el motor	Rellenar aceite de motor	2
	Foco quemado	Cambio de foco	
Junio	Fallas direccionales	Revisar luces	6
	Consumo de aceite	Cambio de anillos	
Julio	Combustible sucio	Revisar el sistema de combustible	5
	Llanta deteriorada	Cambio de llanta	
Agosto	Seguro de compuerta desoldada	Soldar seguro	1
septiembre	Bateria no carga	Reparar alternador	4
	Acción de mantenimiento	Cambio de aceite	
Octubre	Operativo	Operativo	0
Noviembre	No entran cambios	Regular embrague	3
	Fuga de aceite en la caja de cambios	Cambio de retenes	
Diciembre	Falla en el botón de encendido	Reparar sistema eléctrico de encendido	2
	Sonido en los frenos	Cambio de zapatas	
Enero	Falla en el arranque	Reparar arrancador	2


ADRIANO OLIVERA S.A.C.
 Sr. Adriano A. Olivera Lopez
 Gerente General

ANEXO II: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES
<p>¿En qué medida influye el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Ferretería Olivo s.a.c en el mejoramiento de la confiabilidad operacional de las maquinarias?</p>	<p>O. GENERAL Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias de la empresa Ferretería Olivo s.a.c.</p> <p>O. ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar la situación actual de las maquinarias mediante los indicadores de mantenimiento: disponibilidad y confiabilidad. • Evaluación del área de mantenimiento mediante la metodología Six sigma. • Determinación de costos actuales • Realizar el análisis de criticidad a cada maquinaria de la empresa. • Elaborar los modelos o guías para las hojas de control y supervisión de las unidades. • Diseñar el plan de mantenimiento preventivo. • Elaborar un programa computacional • Evaluación de la propuesta de mantenimiento 	<p>El diseño de un plan de mantenimiento preventivo permitirá aumentar la confiabilidad operacional de las maquinarias de la empresa Ferretería Olivo s.a.c.</p>	<p>V. INDEPENDIENTE PLAN DE MANTENIMIENTO</p> <p>V. DEPENDIENTE CONFIABILIDAD OPERACIONAL</p>	<p>Dimensión singular: Reparar la maquinaria</p> <p>Segunda dimensión: Prevenir la falla que se presento</p> <p>Tercera dimensión: Estar prevenidos ante cualquier falla de todas las maquinarias.</p>	<p>Confiabilidad</p> <p>Disponibilidad</p>	<p>Instrumento de recolección de datos</p>

ANEXO III:

Comparación de disponibilidad, aplicando el plan de mantenimiento

EQUIPOS	DISPONIBILIDAD		CONFIABILIDAD	
	ACTUAL	MEJORA	ACTUAL	MEJORA
Cargador Frontal	83.52%	91%	86.21%	93%
Volquete Howo	84.21%	90%	80.91%	88%
Volquete Jac	76.94%	84%	73.38%	85%
Nissan Frontier	98.88%	99%	96.04%	98%
Motocarga	92.83%	95%	84.04%	99%

ANEXO IV:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO V

Ficha tecnica de los equipos de la empresa ferreteria Olivo s.a.c.

FICHA TECNICA DE EQUIPOS 001				OLIVO S.A.C.	
NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		GRUPO	
MARCA	MODELO	COLOR	AÑO	NÚMERO DE PLACA	
FABRICANTE					
		ESPECIFICACIONES TECNICAS			
		SISTEMAS PRINCIPALES DEL EQUIPO			

ANEXO VI:

Formato de lista de chequeo para las maquinarias de la empresa ferreteria Olivo s.a.c.

LISTA DE CHEQUEOS 002			OLIVO S.A.C.						
FECHA:			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">M</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> </table>				D	M	A
D	M	A							
Marca del equipo:									
Identificación del equipo:									
Elaborado por:									
LISTADO DE VERIFICACIONES			OBSERVACIONES						
CONTROL DE NIVELES									
Aceite de motor	A	NA							
Agua de radiador	A	NA							
Aceite de caja de dirección	A	NA							
CONTROL DE FUGAS									
Aceite (motor, hidráulico y valvula)	A	NA							
Agua radiador	A	NA							
Combustible	A	NA							
REVISION DE CORREAS									
Alternador	A	NA							
Ventilador	A	NA							
NEUMATICOS, LLANTAS									
Presion	A	NA							
Profundidad	A	NA							
Ajuste de tuercas	A	NA							
CONTROL DE FRENS									
Frenos	A	NA							
Frenos de seguridad o estacionamiento	A	NA							
Fugas de aire	A	NA							
Drenar humedad de tanques	A	NA							
ADITAMIENTOS									
Bocina									
Luces direccionales									
Luces delanteras y traseras									
Instrumentos de tableros									
Extintor									
Espejos									
OTROS:									
A: acorde		NA: no acorde							

Cuadro : Formato lista de chequeos

ORDEN DE TRABAJO OT - 2016		OLIVO S.A.C.		
Orden nº: <input type="text"/>		Fecha de solicitud: <input type="text"/>		
		D	M	A
Marca de equipo: <input type="text"/>				
Identificación de equipo: <input type="text"/>				
Nombre del solicitante: <input type="text"/>				
Nombre del responsable: <input type="text"/>				
Horas hombre requerida: <input type="text"/>				
HERRAMIENTAS Y REPUESTOS:				
MEDIDAS DE SEGURIDAD:				
Descripción del trabajo efectuado				
		Fecha de culminación: <input type="text"/>		
		D	M	A

Cuadro : Formato de ordenes de trabajo

ANEXO VII.

Tabla: Estimación de costos por mantenimiento

KILOMETRAJE	CARGADOR FRONTAL	VOLQUETE HOWO	VOLQUETE JAC	NISSAN FRONTIER	MOTOCARGA	TOTAL S/.
5000	654.5	383.5	392.3	462.2	229	2121.5
10000	619.3	360	434.5	439.4	223.5	2076.7
15000	466.9	340.3	401.3	362.3	193.6	1764.4
20000	533.6	377.3	450.3	406.5	284.3	2052
25000	654.6	383.5	392.3	462.2	229	2121.5
30000	521.6	389.3	475.3	369.8	140.5	1896.5
35000	654.5	383.5	392.3	462.2	229	2121.5
40000	677.1	484.8	594.8	447.1	132.7	2336.5
45000	466.9	340.3	401.3	362.3	193.6	1764.4
50000	619.3	360	434.5	439.4	223.5	2076.7
55000	654.5	383.5	392.3	462.2	229	2121.5
60000	446.9	340.3	401.3	362.3	193.6	1764.4