



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA GESTIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA RETROEXCAVADORA CASE 580 DE 98HP, EN EMPRESA DEDICADA
A LA RENTA DE MAQUINARIA Y SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN BAJO LA
NORMATIVA ISO 9001**

José María Acevedo Dardón

Asesorado por el M.A. Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA GESTIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA RETROEXCAVADORA CASE 580 DE 98HP, EN EMPRESA DEDICADA
A LA RENTA DE MAQUINARIA Y SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN BAJO LA
NORMATIVA ISO 9001**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ MARÍA ACEVEDO DARDÓN

ASESORADO POR EL M.A. ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Veliz Padilla
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA GESTIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA RETROEXCAVADORA CASE 580 DE 98HP, EN EMPRESA DEDICADA A LA RENTA DE MAQUINARIA Y SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN BAJO LA NORMATIVA ISO 9001

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 11 de agosto de 2018.

José María Acevedo Dardón

AGS-MIMPP-006-2018

Guatemala, 11 de agosto de 2018.

Director
Julio César Campos Paiz
Escuela de **Ingeniería Mecánica**
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **José María Acevedo Dardón** con carné número **201318685**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Ingeniería en Mantenimiento**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a todos"

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

MSc. Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Asesor (a)

Alba Maritza Guerrero Sponza
Dra. Inga. Alba Maritza Guerrero Sponza
Coordinadora de Área
Gestión y Servicios



Edgar Darío Álvarez Cotí
M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Cc archivo/LZ.L.A.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.248.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación de la Coordinadora del Área de Gestión y Servicios de la Escuela de Estudios de Postgrado, modalidad Pregrado-Postgrado de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento, del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA GESTIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA RETROEXCAVADORA CASE 580 DE 98HP EN EMPRESA DEDICADA A LA RENTA DE MAQUINARIA Y SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN BAJO LA NORMATIVA ISO 9001** del estudiante **José María Acevedo Dardón**, CUI 2699197400501 Registro Académico No. **201318685** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Julio César Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, septiembre de 2018
/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

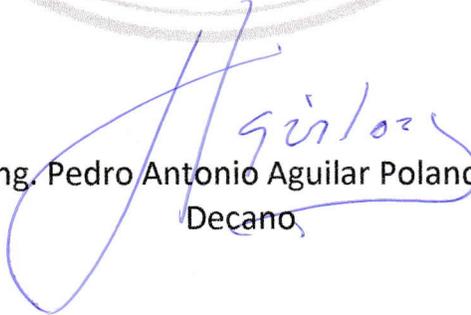


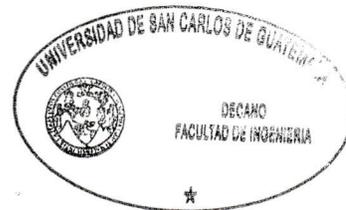
Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 389.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA GESTIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA RETROEXCAVADORA CASE 580 DE 98 HP, EN EMPRESA DEDICADA A LA RENTA DE MAQUINARIA Y SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN BAJO LA NORMATIVA ISO 9001**, presentado por el estudiante universitario: **José María Acevedo Dardón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2018

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por demostrarme que puede obrar de manera inesperada, pero de la mejor manera.
Mi madre	Isela Judith Dardón Gómez, por brindar amor y calidez idóneo con los que se puede educar a un niño y guiar a un hombre.
Mi padre	José María Acevedo Rodríguez, por ejemplificar lo que es la perseverancia y fe. Y permitirme ser su alumno en la vida.
Mis hermanos	Otto, Rodrigo y María José. Por siempre estar en todo momento como lo demanda la hermandad, amarnos y defendernos unos a otros.
Mamá Melina	Rosa Melina Gómez, por el amor incondicional y apoyo que siempre me ha brindado para conseguir mis logros.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser permitirme compartir y formarme como profesional en sus aulas.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme herramientas, amistades y conocimientos que me servirán para toda la vida.
Mis amigos de la Facultad	José Ayala, Oscar Miguel, Brayan Concoba y todos con los que compartí en la escuela de ingeniería mecánica.
Mis amigos de apartamento	Marco García, Diego Ochoa, Carlos Arriaga, Gabriel Peralta y David Letona. Por ser lo más cercano que tuve a una familia en la estadía lejos de mi hogar.
Escuela de Ingeniería Mecánica	Por equiparme con conocimientos sólidos para la vida profesional.
Mis padres	Por brindarme el apoyo económico y emocional.
SECOREMA S.A.	Por permitir la elaboración de mis prácticas finales en sus instalaciones.

Mis catedráticos

Que sin envidia compartieron y aconsejaron de la mejor manera.

Mi asesor

Carlos Humberto Pérez Rodríguez, por apoyarme con la investigación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
INTRODUCCIÓN	IX
1. ANTECEDENTES.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. OBJETIVOS.....	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	15
7.1. Mantenimiento	15
7.2. Mantenimiento industrial.....	15
7.3. Tipos de mantenimiento	16
7.3.1.Mantenimiento correctivo	17
7.3.2.Mantenimiento predictivo	18
7.3.3.Mantenimiento proactivo	19
7.3.4.Mantenimiento bajo condiciones.....	19
7.3.5.Mantenimiento de clase mundial.....	20
7.4. Mantenimiento preventivo.....	21
7.5. Objetivo del mantenimiento preventivo.....	22
7.6. Beneficios del mantenimiento preventivo	23
7.6.1.Ventajas.....	23
7.6.2.Desventajas	23

7.7. Retroexcavadora	24
7.7.1.Características de la retroexcavadora	24
7.7.2.Tipos de retroexcavadoras	25
7.7.3.Partes principales de la retroexcavadora	26
7.8. Lubricación	32
7.8.1.Importancia de la lubricación	33
7.8.2.Proceso de ejecución para lubricar la máquina	34
7.9. Tasa de falla y tiempo entre fallas	35
7.10.Disponibilidad.....	36
7.11.ISO 9001: 2015	37
7.11.1.Análisis y evaluación	39
7.12.Descripción de la empresa.....	40
8. PROPUESTA DE INDÍCE DE CONTENIDOS	41
9. MARCO METODOLÓGICO	43
9.1. Diseño de la investigación.....	43
9.2. Tipo de estudio.....	43
9.3. Método de la investigación	43
9.4. Alcances.....	44
9.5. Variables	45
9.5.1.VARIABLES INDEPENDIENTES	45
9.5.2.VARIABLES DEPENDIENTES	46
9.6. Indicadores.....	46
9.7. Fases o etapas del estudio	46
10. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	49
11. CRONOGRAMA	51
12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	53
13. BIBLIOGRAFÍA	55

14. APÉNDICES 59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Esquema solución	14
2. Tractor	26
3. Boom o pluma	27
4. Brazo	27
5. Cilindro del brazo.....	28
6. Cilindro del boom.....	28
7. Cilindro del cucharón	29
8. Cucharón	29
9. Cilindros hidráulicos	30
10. Sistema hidráulico	31
11. Película de lubricante	33
12. Cronograma.....	51

TABLAS

I. Ficha descriptiva del equipo	25
II. Procedimiento para lubricación	34
III. Costos estimados para la realización del estudio.....	54

GLOSARIO

Fiabilidad	Probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.
Fuga	Salida o escape de un líquido o de un gas por una abertura producida accidentalmente en el recipiente que los contiene o en el conducto por el que circulan.
Mantenimiento	Es toda actividad realizada con la finalidad de mantener el equipo en funcionamiento, corrigiendo fallas o averías.
PM	PM o MP significa mantenimiento preventivo, el cual tiene como objetivo prevenir posibles fallas para evitar acciones correctivas y que la maquinaria no se vea afectada en su funcionamiento como en su vida útil.
Preservación	Protección o cuidado sobre alguien o algo para conservar su estado y evitar que sufra un daño o un peligro.
Retroexcavadora	Máquina que se utiliza para realizar excavaciones en terrenos. Consiste en un balde de excavación en el extremo de un brazo articulado de dos partes. Se montan normalmente en la parte posterior de un tractor o cargador frontal. No debe ser confundida con una excavadora.

Stock	Bodega o abastecimiento. Es la capacidad de abastecer los repuestos requeridos para una reparación pronta.
MET o MTTF	Es el tiempo promedio que funcionará un elemento antes de fallar.
VOSO	Procedimiento preventivo básico compuesto por cuatro actividades sensoriales. Consiste en ver, oler, sentir y oír.
Zanja	Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra con diversos fines, como echar los cimientos de un edificio, colocar tuberías, permitir que corra el agua, entre otros.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mantenimiento es una operación indispensable para aumentar la vida útil y no afectar la disponibilidad de los equipos. Es una actividad requerida en la mayoría de empresas sin importar el tipo del mantenimiento que se desempeñe. La empresa que se investiga cuenta con dos máquinas tipo retroexcavadoras con las que se desarrollan proyectos y servicios de construcción, como zanjas, desniveles y limpiezas. Además, se dedica a la renta de maquinaria y servicio de movimiento de tierras y construcción.

Debido al ambiente en el que se desenvuelven los equipos y al tipo de demanda que los rige, la opción por la que se optó fue mantenimiento correctivo. El mismo genera grandes gastos necesarios para el seguimiento de las operaciones, pero cuestionables y corregibles. En cambio, si se tuviera disposición de un mantenimiento preventivo se disminuiría el MTTF, traducándose en la reducción de gastos imprevistos por fallas y no se prolongarían los períodos para los que se contratan los equipos. Por lo que se necesita innovar la metodología de mantenimiento de la empresa investigada para reducir los imprevistos de fallas y así mantener la disponibilidad de la maquinaria, propiciando mejores resultados en servicio y por ende en aspectos financieros. Estos resultados se reflejarían si se proyecta un nuevo concepto de mantenimiento preventivo, innovando la realización de revisiones y reparaciones sugeridas por los fabricantes de los equipos sobre los cuidados en la operación y mantenimiento de los mismos.

Todo lo expuesto anteriormente es lo que se conoce con el nombre de mantenimiento preventivo, cuyo propósito es obtener en la maquinaria la

prolongación de la vida útil de la misma y de esa manera obtener los beneficios de costos y tiempo de reparación.

El presente trabajo de investigación se integra de cuatro capítulos, desarrollados de la forma siguiente:

El primer capítulo explica el contenido del marco teórico, comprende tipos de mantenimiento que son los más comunes en la industria guatemalteca, se expone la razón por la cual se selecciona el de tipo preventivo, las ventajas y desventajas del uso de mantenimiento preventivo. Se discutirá la teoría sobre la disponibilidad, la forma de medirla, sus indicadores y la tasa de fallas y el tiempo entre ellas, así como los procedimientos establecidos en la norma ISO 9001: 2015 que se utilizarán como parte de la metodología para solucionar la problemática.

En el capítulo segundo se describirá la metodología y el desarrollo del trabajo de investigación, para ordenar los datos que se obtendrán para la resolución e identificación de las causas que provocan fallos más continuos. Esto concluye con la correcta planificación para mayor eficacia con acciones preventivas y evaluar la continuidad de las mismas.

El capítulo tercero presenta los resultados y análisis tabulando todos los datos recopilados, basados en los indicadores que registran la frecuencia de fallas en los equipos y las razones que las provocan, permitiendo realizar programas de acciones preventivas.

El capítulo cuarto comparte la propuesta adquirida con el análisis de resultados, fundamentándose con soluciones que permiten presentar propuestas de continuidad a la investigación empleando sus métodos de verificación.

1. ANTECEDENTES

La flota de retroexcavadoras de la empresa es de dos máquinas, las cuales son utilizadas para desarrollar proyectos y servicios de construcción. Estos equipos son usados para movimientos de tierra pequeños como zanjas, desniveles y limpiezas. El tipo de mantenimiento que se maneja en la empresa debido a sus métodos y condiciones es correctivo. Genera grandes gastos para la continuidad de las operaciones el no implementar un mantenimiento preventivo, y también genera pérdidas de horas de operación, afectando los ingresos de la empresa e incrementando los gastos imprevistos.

Debido al mantenimiento que se maneja, es necesaria la reducción de las acciones correctivas mediante acciones preventivas, para mejorar el plan de mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos y también disminuir el MTTF.

La sistematización del mantenimiento permitió cambiar la política de esperar por la de prever, con un mantenimiento basado generalmente en tareas de lubricación. El presente estudio sigue la misma sistematización del mantenimiento, permitiendo establecer un programa de mantenimiento preventivo que reduzca las acciones correctivas, debido al riesgo y costo por fallas provocadas (Toapanta, García y Leodán, 2010). Analizando las palabras de Toapanta, García & Leodán, y aplicando una metodología de mantenimiento periódica, se puede concluir que, al basarse en la sistematización y prácticas para prevenir fallas, se logra la reducción de costos por acciones correctivas. Con la elaboración de los métodos de control para el manejo de las actividades de mantenimiento se logró desarrollar un mejor entorno para la implementación del

programa propuesto. Además, se facilitó el manejo de la información requerida por el Departamento de Mantenimiento (López, E., 2009).

Una metodología basada en la aplicación de buenas prácticas y técnicas de confiabilidad permitió obtener ahorros considerables y contribuyó a establecer una forma estructurada en la etapa de planificación. Los beneficios se vieron reflejados en la ejecución del proyecto, se redujo la extensión y el número de tareas a realizar. (Amendola, L., 2002). Interpretando las palabras de López y Amendola, y con base en protocolos y buenos manejos de actividades de mantenimiento, se reducirán las acciones correctivas, mejorando la disponibilidad de los equipos, evitando pérdidas de tiempo en reparaciones y obteniendo más producción, además de facilitar la planificación y registro de información para una mejor gestión.

Los mayores gastos de mantenimiento se presentan en mantenimiento correctivo, por ello se hace evidente tratar de evitar su ocurrencia, mientras en un mantenimiento preventivo se reacondicionaron y se cambiaron las piezas para evitar que fallen. En un mantenimiento correctivo se debe reparar y cambiar una parte dañada que en su mal funcionamiento pudo haber afectado otros componentes. (Ruíz, J., 2009). Como lo indica Ruíz en su trabajo, el reporte a tiempo de fallos potenciales ayuda a la prevención, evitando acciones correctivas que puedan dañar otros componentes. Esto permite planificar un paro para la reparación, mejorando así la gestión de mantenimiento.

Con el uso de fichas de control el mantenimiento fue más eficiente el proceso, debido a que se lleva un historial de las reparaciones efectuadas en la maquinaria. Dicho control se facilitó al utilizar el manual de fabricante como base para el desarrollo del plan de mantenimiento (Grijalva, W., 2003). Interpretando lo escrito por Grijalva, el registro de reparaciones efectuadas facilita el control de

actividades por realizar. El registro histórico o bitácora es parte fundamental para el mantenimiento preventivo.

La ficha de inspección conduce a la revisión rápida de los diferentes elementos y sistemas de la máquina, lo que permite identificar el inicio de una avería menor, que con el tiempo podría convertirse en avería de mayor complejidad. Llevar un control diario de las horas de trabajo de cada máquina permitirá programar el mantenimiento a desarrollarse en ellas. (Maldonado y Sigüenza, 2012). Analizando lo escrito por Maldonado y Sigüenza, se concluye que el mantenimiento debe contar con codificación de actividades y un intervalo de tiempo para cada una de ellas. Esto es parte del proceso preventivo para evitar posibles fallas mediante inspecciones estipuladas. Para actualización y mejora de un programa de mantenimiento debe incluirse herramientas que faciliten y agilicen el proceso.

La disponibilidad de estos equipos debe ser alta, debido a que se encuentra limitado el número de equipos y son muy utilizados para el movimiento de tierras.

Se realizó un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de tracto-camiones basados en el contexto operacional. Para ese objetivo se realizó un análisis de criticidad basado en 5 criterios: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, seguridad ambiental y humana, permitiendo que las actividades no planificadas bajo las cuales se realizaban las labores de mantenimiento pasaran a ser actividades totalmente planificadas con un 76 % de actividades preventivas y un 24 % de actividades correctivas. (Moreno, R., 2009).

Según lo expuesto por Moreno, se concluye que se cumple con el objetivo de la presente investigación, que es la reducción de actividades correctivas, tomando criterios para el análisis de criticidad, clasificar las acciones de mantenimiento a tomar y establecer una meta para comparar los resultados con la misma. Todo eso también es parte de un programa de mantenimiento preventivo bien gestionado.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En toda obra civil es común encontrarse con este tipo de maquinaria, debido a que una retroexcavadora desarrolla labores de movimientos de tierra pequeños como zanjas, desniveles pequeños y limpiezas. Teniendo en cuenta esto, la empresa ofrece servicios en distintos tipos de proyectos en la costa sur y sus alrededores.

La maquinaria es usada por largos períodos de tiempo, presenta problemas de monitoreo de condiciones en las que se utiliza el equipo. La falta de monitoreo provoca fallas que pueden ser previstas. La falta de prevención de fallas genera falta de disponibilidad del equipo y un aumento considerable en costo por reparación. No se cuenta con los repuestos en *stock*, por no tener referencia de en qué componente se generará la falla.

La existencia de un sistema de recolección de datos que facilite el control de las fallas permitirá identificar las que surgen con mayor frecuencia y llevar un mejor registro de los equipos. La falta de un orden para el seguimiento de los procesos provoca que el proceso de mantenimiento se alargue, por no contar con una serie de pasos a seguir, ni una normativa que indique la forma en la que debe proceder la acción de mantenimiento. A consecuencia de estos problemas surgen las siguientes preguntas:

Pregunta general:

- ¿Cómo realizar el diseño de gestión de un programa de mantenimiento preventivo de las retroexcavadoras basado en la norma ISO 9001 para la empresa?

Preguntas auxiliares:

- ¿Cómo reducir las acciones correctivas en las retroexcavadoras?
- ¿Cómo diseñar el sistema de información para el mantenimiento?
- ¿De qué manera definir el mantenimiento preventivo conveniente para dicha empresa según la normativa ISO 9001?

3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para el planteamiento de la investigación deben ser consideradas las limitaciones a las cuales serán sometidos los lineamientos requeridos. A continuación, se presentan las limitaciones establecidas para la elaboración del programa de mantenimiento preventivo de las retroexcavadoras:

El programa de mantenimiento será realizado específicamente para las retroexcavadoras CASE 580.

La normativa a seguir solo establece la gestión del mantenimiento y procedimiento de la misma, las acciones preventivas serán establecidas de acuerdo a la investigación.

El programa de mantenimiento preventivo se enfocará en el aspecto mecánico de los elementos de grúa: el brazo, el cucharón y el sistema hidráulico correspondiente. El programa en mención tendrá el alcance de lubricación y las acciones preventivas, períodos de lubricación y reparaciones programadas.

El mantenimiento a los equipos será proporcionado en el lapso de estadía en taller, solo en caso de falla mientras se encuentra en servicio se realizará el mantenimiento en zona ajena al taller.

Los datos serán tomados entre cada falla debido al indicador al que estará enfocado la investigación, como lo es el MTTF o disponibilidad de los equipos.

El inventario de repuestos o *stock* de mantenimiento no está en el alcance de la investigación. Su implementación no es parte de la investigación

4. JUSTIFICACIÓN

La empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, lo que ha permitido verificar que los costos por reparación son altos y que el tiempo que requieren las acciones correctivas hace que el servicio sea discontinuo. Por tal razón surge el desarrollo del tema de la presente investigación, el cual está contemplado en la línea investigativa de gestión de mantenimiento, para desarrollar los conocimientos adquiridos en la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.

Debido a la necesidad de reducir el número de fallas que afectan a los equipos y así mitigar en mayor parte las acciones correctivas, no se debe permitir que la vida útil de cada equipo sea afectada por mantenimiento inadecuado. Estos conjuntos de acciones mejoran el rendimiento en sus procesos respectivos, siendo un servicio sin discontinuidad alguna. Además, se cumplirá con las expectativas de operación, tomando en cuenta el programa de mantenimiento más conveniente, acorde al tipo de proceso en el que se desenvuelva la maquinaria.

El acceso a la información de los mantenimientos realizados, bitácoras, manuales de mantenimiento y entrevistas a los encargados de mantenimiento de la empresa, son factores considerados para el programa de mantenimiento. Es muy importante la realización del mantenimiento preventivo para la disponibilidad de los equipos y prevenir fallas que pueden ser complejas para los mismos. El mantenimiento es una acción común en ingeniería. Se analizarán parámetros o indicadores que maneja la maquinaria, enfocados en ampliar tiempos en producción o disposición.

La falta de disponibilidad se traduce en horas no trabajadas, ya que no se puede rentar el equipo. Esto disminuye los ingresos económicos de la empresa. Los precios de renta por hora varían según la contratación y fidelidad del cliente, el valor oscila entre Q. 200,00 y Q. 400,00, tomando en cuenta el promedio. Si la falla se posterga un día laboral se deja de percibir Q. 2 400,00, si continúa durante una semana se deja de percibir Q. 14 000,00. Además del dinero que se deja de percibir, se pierde la oportunidad de enlazar otro cliente a la empresa.

Se utilizará la normativa ISO 9001 para que el mantenimiento esté mejor estructurado y la sucesión de pasos a seguir en las acciones preventivas sea realizada con prontitud, además de adoptar los métodos de registro de mantenimiento de cada equipo, logrando la aplicación de la normativa descrita en el párrafo anterior, lo cual permitirá beneficiar directamente a la empresa con la satisfacción de los clientes, traducida a posible fidelidad y a la prevención de fallas y un mejor manejo de presupuesto para la estimación de reparaciones.

El programa de mantenimiento está sujeto a actualizaciones luego de la gestión, pero será responsabilidad de la empresa el seguimiento para la implementación y actualización del mismo.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar la gestión de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa dedicada a la renta de maquinaria y servicio de la construcción bajo la normativa ISO 9001.

Objetivos específicos

- Reducir las acciones correctivas en la maquinaria.
- Diseñar un sistema de información para el mantenimiento.
- Definir el mantenimiento preventivo conveniente para las retroexcavadoras según la normativa ISO 9001.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

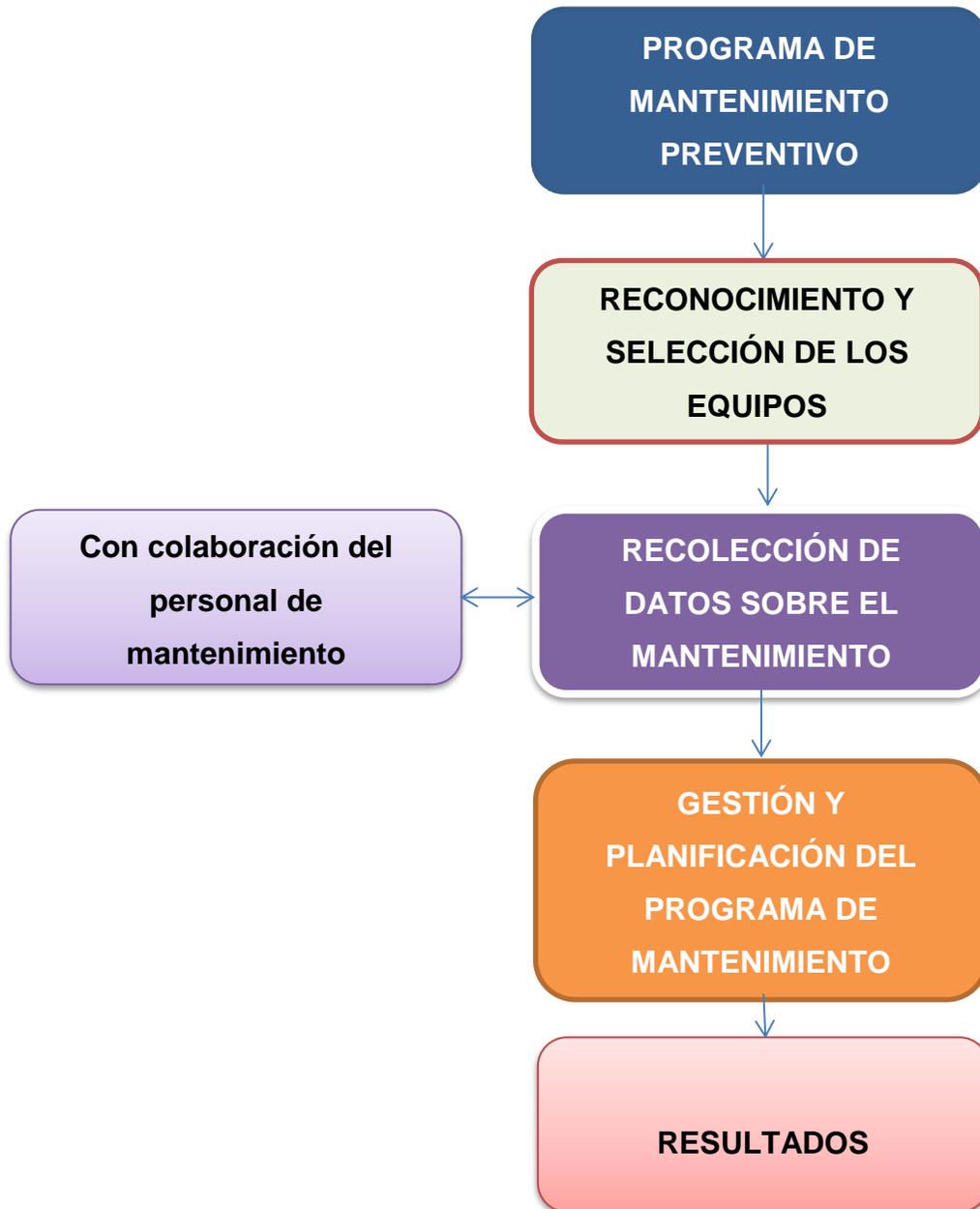
Las fallas inesperadas son inconvenientes en el trabajo para los equipos, además del tiempo perdido en la búsqueda de refacciones en las reparaciones y el personal de mantenimiento para realizarlas.

El enfoque de la investigación es reducir fallas inesperadas, se necesita el apoyo del personal para la agilización del mantenimiento y evitar fallos en otros elementos por mantenimiento inadecuado. El diseño para la recolección de información permite adquirirla aportada por quienes han realizado el mantenimiento con anterioridad. Para alcanzar el objetivo de diseñar el plan de mantenimiento se debe contar con el visto bueno de la empresa, para obtener de esa manera acceso a la información y datos de los equipos que se utilizan para la prestación de los servicios.

El proceso de mantenimiento correctivo debe ser integral entre el taller y los operadores, para que las actividades de reparación de equipo disminuyan con las acciones de ambas áreas.

Se utilizará software, como Excel, en el apartado de módulo estadístico, para emplearlo como herramienta del análisis de datos y medidas de tendencia central. Se necesita instruir al personal sobre cómo llenar la bitácora o llevar el control de reparaciones realizadas en los equipos, y conocer los equipos y los parámetros a medir es fundamental para la elaboración de un sistema de recolección de datos eficiente.

Figura 1. Esquema solución



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mantenimiento

“Es el conjunto de actividades controladas y evaluadas que a través de la utilización de recursos físicos, humanos y técnicos permiten mejorar la eficiencia del sistema de producción al menor costo disminuyendo fallas imprevistas. Para obtener una mejora en la confiabilidad de los equipos y garantizar la seguridad al personal y sus recursos físicos” (Velázquez E., 1992, p.1).

El mantenimiento es el grupo de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio la mayor cantidad de tiempo que sea posible, en combinación con un máximo rendimiento. (Garrido, S., 2010). Comprende una actividad humana que se realiza con el objetivo de garantizar la existencia de un servicio. Existen diversas definiciones del tema que establecen el mismo en categorías, clasificando dicha actividad como: mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, sin embargo, con base en el criterio de disminución de costos, el de uso común es el primero de ellos (Gutiérrez, J., 2008). De tal manera se describe el mantenimiento como un conjunto de actividades humanas en las cuales se realizan objetivos como la mejora de la eficiencia de un proceso, servicio o reparación, acompañado de la calidad que brindan.

7.2. Mantenimiento industrial

“El mantenimiento industrial es un campo de la ingeniería de gran interés y con una amplia repercusión económica, tal como justifica el hecho de que en las sociedades industriales los costes del mantenimiento constituyen un porcentaje apreciable de su producto

interno bruto. En algunos sectores, el mantenimiento resulta esencial para el desarrollo de su propia actividad sobre la que se aplica, mientras que en otros la existencia de un mantenimiento eficaz constituye en uno de los elementos más importantes para la consecución de la competitividad en el marco económico global.” (González F., 2005, p.7)

El autor S. García define habitualmente al mantenimiento industrial como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, esperando alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. Para la realización de esta idea se compone de dos factores: conservación y preservación.

El concepto de la conservación es la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes y propicia con ello el desarrollo integral del hombre y de la sociedad. Es la función para conseguir que el producto final sea de la mejor calidad posible.

Ambos autores coinciden en la importancia que tiene el mantenimiento, F. González hace énfasis en el entorno económico del mantenimiento general y el porcentaje apreciable que constituye en el producto interno de la misma empresa, esto repercute como un presupuesto considerable dedicado al mantenimiento, mientras que S. García se concentra en la finalidad de conservar los equipos e instalaciones en servicio durante la mayor duración posible y en su máximo rendimiento.

7.3. Tipos de mantenimiento

Para el autor F. Gómez pueden establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyen a este, así como a la forma de desempeñarlas. Tradicionalmente se admite la clasificación basada en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos,

que es una relación de particularidades funcionales asignadas que depende de diversos factores.

En los factores principales para la decisión sobre cuál mantenimiento es el adecuado se encuentra la criticidad, el factor económico o disponibilidad necesaria. Debido a que algunos tipos de mantenimiento tienen un costo muy elevado, la aplicación es difícil de justificar para empresas pequeñas.

7.3.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel que sirve para corregir los problemas que se van presentando en los equipos a medida que los usuarios los van comunicando. Es decir, se espera a que ocurra una falla para que el personal de mantenimiento entre en acción. (González, S., 2005). “De poco sirven nuestros esfuerzos para tratar de evitar averías si, cuando éstas se producen, no somos capaces de proporcionar una respuesta adecuada.” (García, S., 2012, p.157).

Como lo indica García, las acciones correctivas tienen que ser contempladas, no porque sean deseadas, sino para saber los procedimientos a seguir al momento que sucedan y no proceder de manera inadecuada o deficiente.

Según lo denomina González, el mantenimiento correctivo tiene como enfoque la reparación de las fallas que se presenten en la maquinaria, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar las fallas o defectos y repararlos de inmediato. El mantenimiento tiene participación hasta que alguna falla se presenta. Los autores García y González exponen que el mantenimiento correctivo es el que se realiza luego de que ocurra una falla o avería en el equipo, por su naturaleza no puede ser planificado y presenta costos por reparaciones no presupuestadas.

7.3.2. Mantenimiento predictivo

“El mantenimiento predictivo examina, mediante técnicas de análisis predictivas, el estado de los elementos y equipos, estableciendo recomendaciones para intervenir de manera oportuna con labores de mantenimiento, lo que redundará en significativos ahorros de tiempo y, por ende, de dinero. Un sistema de mantenimiento predictivo exitoso debe ser capaz de cuantificar los beneficios obtenidos por sí mismo.” (Márquez, Ángel; Ajuech, Leví; et al, 2017, p. 98).

También es importante la siguiente información:

“Consiste en el control de determinadas variables que informan sobre la condición de los equipos, permiten diagnosticar fallos y establecer el tiempo de vida remanente de las máquinas. Un Programa de mantenimiento predictivo puede proporcionar numerosos beneficios: incremento en la disponibilidad, seguridad y calidad, mejoras en programación del mantenimiento, reducción de costes, etc. Incorpora junto con los aspectos tecnológicos, cuestiones organizativas, de control y toma de decisiones que no son analizadas habitualmente. La información contenida puede ayudar en los procedimientos de actuación con cada técnica de diagnóstico, sugerencias sobre la decisión a tomar en cada fase y, un modelo de toma de decisiones que identifica las carencias en una organización antes de la implantación del programa, pudiendo garantizar su éxito.” (Carnero, M., 2012, p.7).

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. Se fundamenta en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de prealarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

El mantenimiento predictivo ayuda a ahorrar energía, mejora la productividad, reduce la cantidad de los trabajos de mantenimiento y ayuda a que dichos trabajos se realicen con mayor rapidez y mayor facilidad. (Goti, A., 2008).

7.3.3. Mantenimiento proactivo

“El mantenimiento proactivo, implica encargarse antes de que las fallas ocurran o al menos tener decidido cómo se procederá en caso de que ocurran. Para que esto sea posible, necesitamos saber de antemano que eventos pueden ocurrir. Los “eventos”, en este contexto, serían los modos de fallas. De manera que, si queremos aplicar el mantenimiento proactivo a cualquier bien físico, debemos tratar de identificar todos los modos de falla que pueden llegar a afectar a dicho bien. Lo ideal sería identificarlos aun antes de que sucedan, o si esto no fuera posible, antes de que vuelvan a suceder. “ (Moubray, J., 2004, p. 55).

El mantenimiento proactivo está basado en los métodos predictivos, la técnica está enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas, no los efectos.

7.3.4. Mantenimiento bajo condiciones

Según el trabajo de D. Cabrera, este tipo de mantenimiento tiene como base el monitoreo de las condiciones o estado de los diferentes elementos de los equipos para decidir el momento óptimo de la realización de las tareas de mantenimiento. El objetivo de este es disponer de la máxima cantidad de datos objetivos sobre la máquina, para poder identificar los posibles fallos. Para ello se utiliza el análisis de las tendencias de todos los datos recolectados. Es necesario abordar las características de los sistemas mecánicos (elementos, funcionamiento, posibles daños y configuraciones experimentales) con los que se va a trabajar. Es por ello que se han incluido las secciones de componentes

mecánicos, fallos en elementos mecánicos y configuración experimental para tareas del mantenimiento basado en la condición.

7.3.5. Mantenimiento de clase mundial

Según H. Ellis, este tipo de mantenimiento representa los niveles de funcionamiento de clase mundial. Se deben tener en cuenta sus principios básicos y el entrenamiento de la mano de obra enfocado hacia una nueva actitud de las personas involucradas. No se deben bajar las finanzas de sus sistemas de apoyo, como lo son su administración, instrumentos, piezas de recambio, planificación, control, cultura, etc. De la integración entre los sistemas de apoyo dependen las acciones dinámicas para establecer la función de mantenimiento firmemente sobre el camino para hacerla de clase mundial.

El cambio de actitud de las personas es uno de los puntos más complejos para implementar este mantenimiento, se deben entrenar en las profesiones específicas que se van a desarrollar en este y se debe recompensar el esfuerzo hecho por estas personas. Los objetivos más comunes que establece este tipo de mantenimiento son:

- Excelencia en los procesos medulares
- Calidad y rentabilidad de los productos
- Motivación y satisfacción de los clientes
- Máxima fiabilidad de los equipos
- Logro de la producción requerida
- Máxima protección ambiental

7.4. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento también es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo, pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos. Aquí el término planificado es la base del significado del mantenimiento preventivo. (Smith y Hinchcliffe, 2005). “Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.” (Garrido, S., 2010, p. 17). Como indica Garrido, los puntos en los que hay que poner atención para la programación de correcciones son los puntos vulnerables o componentes que pueden generar fallos de mayor complejidad.

Interpretando las palabras de Smith y Hinchcliffe, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento. Se realiza en el equipo durante su operación, es lo contrario al mantenimiento correctivo, en el que se detiene el proceso para la reparación. Puede que existan períodos en los que se detenga la maquinaria para eventos de mantenimiento de mayor magnitud, pero a diferencia del mantenimiento correctivo, estos períodos de paro son programados. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc.

Algunos de los métodos más habituales consisten en llevar a cabo las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones realizadas sobre activos similares. El mantenimiento

preventivo se puede realizar de dos maneras distintas, dependiendo el beneficio que otorgue cada uno en la situación que se desea aplicar.

Tecsup define que mantenimiento preventivo “es el proceso de servicios periódicos (rutinarios) al equipo, este puede ser desde una rutina de lubricación hasta la adaptación después de un determinado tiempo, de piezas o componentes. El intervalo entre servicios puede ser en horas de operación” (2007, p. 11). El mantenimiento preventivo es garantizar que el equipo industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente, durante un tiempo solicitado, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente para proporcionar servicios que satisfagan las necesidades con los niveles de calidad (Mora Gutiérrez, 2005).

El programa de mantenimiento preventivo debe ser establecido tomando como referencia las actividades realizadas que son clasificadas como mantenimiento correctivo. El mantenimiento preventivo presenta ventajas claras sobre el correctivo, tales como costo y tiempo de operación del equipo. (Márquez, Ángel; Ajuech, Leví; et al, 2017 p. 69). En las operaciones de mantenimiento preventivo se encuentra la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento.

7.5. Objetivo del mantenimiento preventivo

El objetivo es la conservación de equipos o instalaciones por medio de la realización de revisión y reparación con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se caracteriza por ser realizado en equipos en funcionamiento, al contrario del mantenimiento correctivo que repara cuando se daña una máquina. Como primer objetivo del mantenimiento preventivo se encuentra mitigar las fallas que provoquen la

discontinuidad de operación de los equipos, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Entre sus se encuentran acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc.

7.6. Beneficios del mantenimiento preventivo

Como ya se ha expuesto, este tipo de mantenimiento es el que resulta de las inspecciones periódicas que revelan condiciones de falla y su objetivo es reducir paros de planta y depreciación excesiva, que muchas veces resultan de la negligencia al ignorar eventos o acciones evidentes. Entre las ventajas que presenta este tipo de mantenimiento se encuentran:

7.6.1. Ventajas

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

7.6.2. Desventajas

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

7.7. Retroexcavadora

La retroexcavadora es una máquina que realiza sus funciones mediante el consumo de combustible y su sistema hidráulico. Es utilizada para la realización de proyectos de excavación en una gran variedad de terrenos, una retroexcavadora consiste en una cuchara de excavación en el extremo de un brazo articulado en dos partes. Trabaja enterrando un cucharón o pala con la que extrae tierra o materiales depositados en el suelo, posteriormente los arrastra y los deposita en su interior. Está formada por un balde de excavación en el extremo de un brazo que se articula en dos partes y que se ubica comúnmente en la parte posterior de un cargador frontal o de un tractor.

La retroexcavadora es muy utilizada en obras para mover la tierra, para abrir surcos destinados al pasaje de cables, preparar los sitios donde se colocarán los cimientos de los edificios, drenajes y tuberías, y para hacer rampas en solares. Entierra una cuchara sobre el terreno con la que toma los materiales que son arrastrados y depositados en su interior. El chasis puede estar colocado sobre cadenas y sobre neumáticos.

7.7.1. Características de la retroexcavadora

Consta de un ensamblaje de tres diferentes piezas de equipo móvil de tierras: un tractor, un cargador y una retroexcavadora. Permite a las herramientas desplazarse con rapidez y seguridad, con capacidad de transportar cantidades considerables de material, considerando las dimensiones del recipiente. El cucharón se refiere al recipiente donde se transporta el material.

Ficha de retroexcavadora:

Tabla I. **Ficha descriptiva del equipo**

RETROEXCAVADORA CASE 580	
Tipo de máquina	Retroexcavadora
Marca	CASE
Modelo de máquina	580
No. Serie	SJJJG0908889
Motor	CASE 4-390; inyección directa; 239 plg ² , relación de compresión 17:1
Línea	M
Color	Amarilla
HP/C.C	98C
Año de fabricación	2009

Fuente: elaboración propia

7.7.2. Tipos de retroexcavadoras

- Con chasis sobre neumáticos: el tren de rodadura está compuesto de ruedas de caucho. Los órganos de mando de desplazamiento, dirección y frenos están en la cabina del conductor.
- Con chasis sobre cadenas: el chasis está soportado por dos cadenas paralelas. Así mismo, los órganos de mando, igual que en la de neumáticos, se encuentran en la cabina del conductor.

7.7.3. Partes principales de la retroexcavadora

- Tractor: se compone de un contrapeso y su propósito es equilibrar los grandes movimientos generados en la operación cuando se carga para no desestabilizarse.

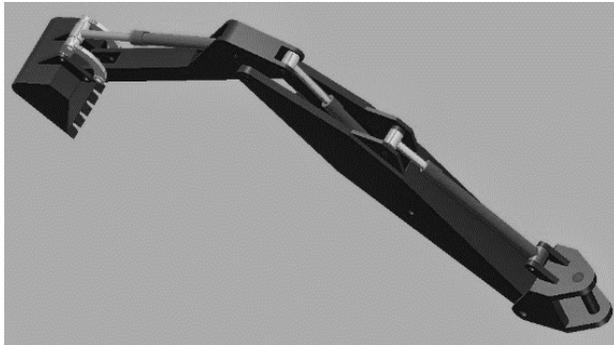
Figura 2. Tractor



Fuente: *Tractor*. https://www.partesdel.com/partes_de_la_retroexcavadora.html. Consulta: 22 de mayo de 2018.

- Boom o pluma: es un elemento que se encuentra en una sección variable y se articula en la parte de adelante del tractor, a la derecha de la cabina del operador. Los que tienen una sola pieza poseen una longitud constante y los de dos piezas tienen tres alternativas para cambiar longitud. Es de tipo curvo o de cuello de cisne, cóncava hacia el suelo, con el objetivo de permitir la excavación más profunda sin interferencia de las orugas, está articulada en muñones muy fuertes que están a dos o tres pies atrás del borde de la plataforma.

Figura 3. **Boom o pluma**

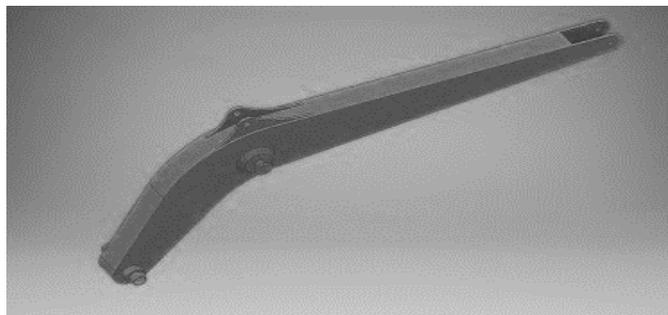


Fuente: Boom o pluma. https://www.partesdel.com/partes_de_la_retroexcavadora.html.

Consulta: 22 de mayo de 2018.

- **Brazo:** está articulado en el extremo de la pluma y conectado con la varilla o biela del cilindro del brazo en el extremo superior y con el cucharón y sus brazos de descarga en la parte delantera. Cuando se retrae el cilindro, se mueve el cucharón hacia fuera, esto es lo que se llama extensión o alcance.

Figura 4. **Brazo**



Fuente: Brazo. https://www.partesdel.com/partes_de_la_retroexcavadora.html. Consulta: 22 de mayo de 2018.

Los cilindros se presentan de la siguiente manera:

- Cilindro del brazo: es un cilindro hidráulico que tiene su base en la pluma y se une al extremo anterior del brazo. Controla los movimientos del brazo.

Figura 5. **Cilindro del brazo**



Fuente: elaboración propia.

- Cilindros de elevación: se componen de dos cilindros hidráulicos conectados en el codo de la pluma y se utilizan para bajar o elevar esta.

Figura 6. **Cilindro del boom**



Fuente: elaboración propia.

- Cilindro de descarga: es un cilindro hidráulico, se apoya en el brazo y se conecta al vértice de la palanca de descarga.

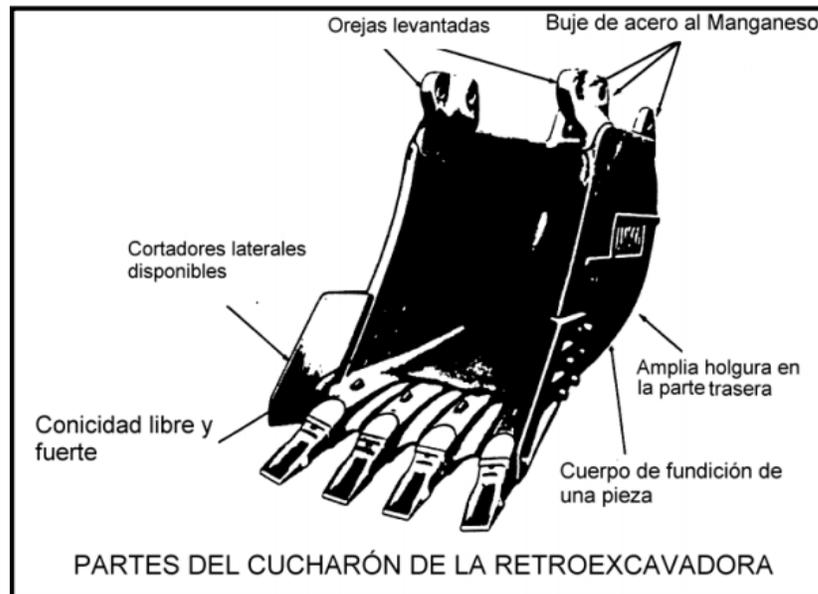
Figura 7. **Cilindro del cucharón**



Fuente: elaboración propia.

- Cucharón: este es un recipiente en el cual se introduce el material excavado, se compone de dientes en su borde para facilitar el arranque de material.

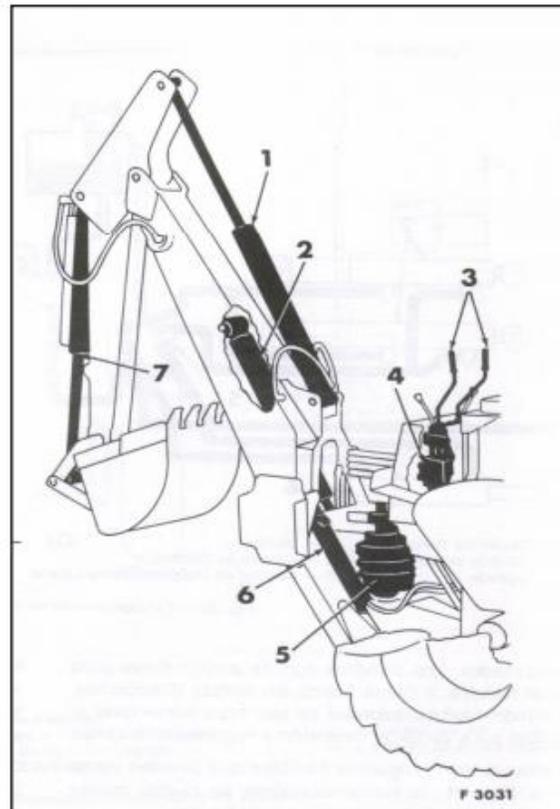
Figura 8. **Cucharón**



Fuente: PACHECO, M. (2006) Cucharón.

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4193/1/T-ESPEL-0215.pdf>. Consulta: 22 de mayo de 2018.

Figura 9. **Cilindros hidráulicos**



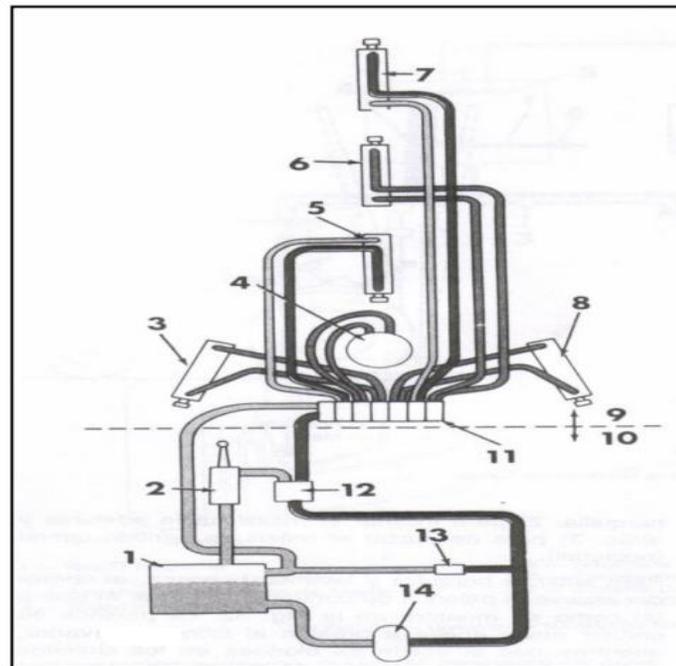
Fuente: PACHECO, M. (2006). Partes hidráulicas montadas en el aditamento excavador.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4193/1/T-ESPEL-0215.pdf>. Consulta: 22 de mayo de 2018.

Partes:

- Cilindro de empuje
- Cilindro de la pluma
- Palancas del control de la retroexcavadora
- Válvulas de control de la retroexcavadora
- Cilindro de giro
- Cilindro de estabilizador izquierdo
- Cilindro del cucharón

- Transmisión: la transmisión tiene cuatro velocidades sincronizadas que permiten cambiar al operario de forma rápida y suave entre avances y retrocesos. Gracias a esto se evitan las cargas por sacudidas en los elementos del árbol de transmisión, se provee de un control superior en la manipulación de la carga y aumenta la comodidad del operario.
- Sistema hidráulico: el sistema hidráulico es un conjunto de circuitos hidráulicos que ejercen control sobre el movimiento de todos los cilindros que componen a la retroexcavadora.

Figura 10. **Sistema hidráulico**



Fuente: PACHECO, M. (2006). Circuito hidráulico.

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4193/1/T-ESPEL-0215.pdf>. Consulta: 22 de mayo de 2018.

Partes:

- Depósito
- Válvula de control de la cargadora frontal
- Cilindro estabilizador izquierdo
- Cilindro para giro de la pluma
- Cilindro de la pluma
- Cilindro de empuje
- Cilindro del cucharón
- Cilindro estabilizador derecho
- Retroexcavadora
- Oruga
- Pila de la válvula de control de la retroexcavadora
- Válvula selectora
- Válvula de alivio
- Bomba

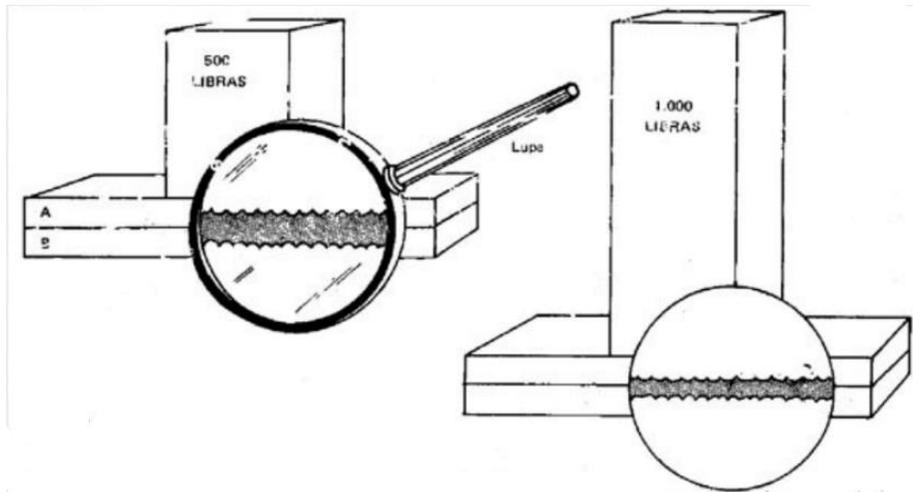
Cuenta con un botón de volcado colocado en la palanca multifunción de la cargadora, con la cual el operario puede acortar los tiempos de carga controlando la potencia del motor a la cargadora para elevar productividad.

7.8. Lubricación

Lubricar es interponer entre dos superficies una película fluida que las separe a pesar de la presión que se ejerza para juntarlas. La lubricación elimina el contacto directo de las superficies metálicas, impide su desgaste y reduce al mínimo el rozamiento que produce pérdida de potencia. (Nieto, C.; López, R., 2012).

En la siguiente figura se observa el efecto causado al usar la misma película de aceite bajo diferentes cargas:

Figura 11. Película de lubricante



Fuente: Metal Mecánica. Película de lubricante.

<http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanicageneral/CURSO%20OPERADOR%20DE%20MANTENIMIENTO%20MECANICO%20INDUSTRIAL/12%20LUBRICACION%20DE%20MAQUINARIA.pdf>. Consulta:22 de mayo de 2018.

7.8.1. Importancia de la lubricación

Los considerables costos y complicados equipos industriales que requiere la industria moderna no podrían funcionar, ni siquiera unos minutos, sin el beneficio de una correcta lubricación. El costo de esta resulta insignificante comparado con el valor de los equipos a los que brinda protección. La utilización del lubricante correcto en la forma y cantidad adecuadas ofrece entre otros los siguientes beneficios (Nieto, C.; López, R. 2012):

- Reduce el desgaste de las piezas en movimiento
- Menor costo de mantenimiento de la máquina

- Ahorro de energía
- Facilita el movimiento
- Reduce el ruido
- Mantiene la producción

7.8.2. Proceso de ejecución para lubricar la máquina

El procedimiento para la ejecución de lubricación en la máquina, contempla la sucesión de pasos que deben seguir para finalizar con el equipo lubricado. Como se muestra en la siguiente tabla, para la realización de la máquina.

Tabla II. **Procedimiento para lubricación**

OPERACIÓN	PASOS
1. Localizar máquina a lubricar	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar código de la máquina
2. Revisar tarjeta guía	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar puntos a lubricar • Revisar frecuencia de lubricación • Revisar lubricantes a aplicar • Revisar modos de aplicación
3. Preparar material	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar lubricantes (aceites y grasas) • Seleccionar equipo de lubricación (grasera, inyector) • Seleccionar herramientas de trabajo (llaves, destornilladores) <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar elementos de trabajo (bayetilla, aceite, detergente)
4. Aplicar lubricante	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar estado de aceiteras y grasas. <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar aceite o grasa según lo especificado en la tarjeta guía
5. Cambiar aceite	
a. Drenar depósito	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar recipiente para recoger aceite 2. Retirar tapón de drenaje 3. Colocar tapón de drenaje

Continuación Tabla II

b. Lavar depósito	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicar aceite detergente 2. Encender brevemente la máquina. 3. Apagar máquina 4. Retirar tapón de drenaje 5. Drenar el aceite detergente 6. Colocar tapón de drenaje
c. Aplicar aceite.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar tapa de entrada 2. Aplicar aceite nuevo hasta el nivel de referencia 3. Colocar tapa de entrada 4. Encender máquina 5. Verificar nivel
6. Observar fugas.	
7. Limpiar mecanismos.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar mecanismos • En algunos casos retirar engranajes para mayor limpieza • Aplicar grasa • Colocar carcasa de protección • Verificar funcionamiento máquina, (ruidos, temperatura)
8. Llenar tarjeta guía	<ul style="list-style-type: none"> • Anotar aceites aplicados • Anotar grasas aplicadas • Anotar fecha de la lubricación • Anotar código del lubricador

Fuente: elaboración propia

7.9. Tasa de falla y tiempo entre fallas

Una falla es un evento que cambia el estado de un producto de operacional a no operacional. En este sentido la Tasa de Falla (TF) puede ser expresada tanto como un porcentaje de fallas sobre el total de productos examinados o en servicio (en términos relativos), o también como un número de fallas observadas

en un tiempo de operación (en este caso en términos nominales). Dado lo anterior el modelo que describe el cálculo de la tasa de fallas es:

$$(1) TF_{\%} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de examinados}}$$

$$(2) TF_n = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}} = \frac{F}{TT-NOT}$$

7.10. Disponibilidad

Uno de los objetivos de un plan de mantenimiento preventivo es la mejora en la disponibilidad de los equipos e instalaciones, que una falla no comprometa la operación del mismo y que la falla de un componente no envuelva a otros. Así la reparación no aumenta su costo. La disponibilidad es la probabilidad, en el tiempo, de asegurar un servicio requerido. Hay autores que definen la disponibilidad como el porcentaje de equipos o sistemas. No obstante, hay que analizar la disponibilidad teniendo en cuenta o no el mantenimiento preventivo o, mejor dicho, las paralizaciones ocasionadas por dicho mantenimiento preventivo. Sin embargo, la disponibilidad también representa la probabilidad de un sistema de estar en uso de funcionamiento en el tiempo. El sistema no debe haber tenido fallos, o bien, en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento. Es una manera de cuantificar cuánto tiempo está un equipo funcionando como debe. A mayor disponibilidad, puede producir más y mayor es su rendimiento sobre activos.

Es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total incluye el tiempo de

operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo, tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico (Mora Gutiérrez, 2005) y define su ecuación de la siguiente forma:

$$(3) \text{ Disponibilidad}_{\%} = \frac{\text{Tiempo de producción real}}{\text{Tiempo de producción posible}}$$

La disponibilidad es un índice de medición que proporciona información de la habilidad de los recursos para desempeñar su función sin problemas. En resumen, es la razón del tiempo en que el recurso se encuentra en buenas condiciones a lo largo de su vida útil o a lo largo de un periodo específico de tiempo. (Pérez y Salgado, 2012). Se define su ecuación de la siguiente forma:

$$(4) \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total} - \text{tiempo muerto total}}{\text{tiempo total}}$$

Donde:

- Tiempo total: es el tiempo del período en que se desea calcular la disponibilidad.
- Tiempo muerto total: es el tiempo en el que la máquina no ha operado en ese período.

7.11. ISO 9001: 2015

La norma hace referencia al cuidado de las infraestructuras necesarias para alcanzar y mantener los requisitos previstos para el producto o servicio ofrecido por la organización, según se muestra en el siguiente fragmento: el apartado 6.3 establece sobre la infraestructura: la organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto.

La infraestructura incluye, cuando sea aplicable:

- Edificios, espacio de trabajo y servicios asociados
- Equipo para los procesos (tanto hardware como software)
- Servicios de apoyo tales como transporte o comunicación.

Aunque con el término infraestructura se contemplan más aspectos que solamente la maquinaria utilizada en los procesos de producción, en la empresa objeto del proyecto estos son más relevantes. El resto, aunque importantes, parecen secundarios y se optó por dejarlos al margen del procedimiento documentado titulado Mantenimiento de Equipos y Maquinaria. Con este se pretende recopilar un registro histórico de averías, reparaciones y labores de mantenimiento realizadas sobre la maquinaria más crítica, para poder decidir con base en criterios tangibles y cuantificables el método idóneo de mantenimiento (acciones correctivas o procedimientos preventivos).

Mientras no se alcance un registro histórico representativo, se mantiene el tipo de mantenimiento realizado hasta el momento, es decir, plenamente correctivo (solo se realizaban acciones cuando el equipo fallaba). Pero, además, se puso en funcionamiento un procedimiento controlado y ordenado para detectar los recursos necesarios, poder decidir los proveedores más convenientes para cada repuesto, etc.

Una de las maneras de involucrar a la alta dirección en las mejoras de procesos son los indicadores económicos y esa es una de las misiones de este proceso, demostrar gracias a estos registros que la calidad no es un coste extra sino un medio de mejora.

7.11.1. Análisis y evaluación

Según el apartado 9.1.3 de la norma ISO 9001:2015, la empresa tiene que analizar y realizar una evaluación de los datos y la información apropiada que surge de realizar el seguimiento y la medición. Los resultados del análisis tienen que utilizarse para realizar la evaluación:

- La conformidad de los productos y los servicios.
- El nivel de satisfacción de los clientes.
- Si lo que se ha planteado se ha implantado con eficacia.
- La eficiencia de todas las acciones tomadas para realizar los riesgos y las oportunidades.
- La necesidad de mejorar el Sistema de Gestión de la Calidad.

Este apartado de la norma ISO 9001:2015 se centra en todos los aspectos de control del Sistema de Gestión de la Calidad. Se debe determinar que es necesario seguir, medir, analizar y evaluar todos los métodos que se emplean y se deben emplear en las actividades.

En la norma no se especifica mediante qué método se obtiene la información, ya que no es un requisito obligatorio. Existe una parte de la norma en la que se enumeran una serie de elementos que la empresa tiene que analizar y evaluar, los resultados pueden resultar muy útiles para ser revisados por la dirección.

En conclusión, la organización decide lo que debe evaluar para determinar la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad. De la misma forma, se tiene que asegurar la satisfacción del cliente y la eficiencia de los procesos y las operaciones.

7.12. Descripción de la empresa

Es una empresa dedicada al servicio de la construcción y renta de maquinaria para la misma. Las principales actividades de la empresa son las siguientes:

- Movimiento de tierras
- Construcción de carreteras, caminos y puentes
- Alcantarillados y sistemas de tratamiento de aguas
- Planteles para industrias
- Patios de contenedores
- Urbanizaciones
- Alquiler de maquinaria pesada
- Producción de agregados para la construcción
- Extracción de selecto

Actualmente la empresa desarrolla proyectos y el servicio de renta de maquinaria en el municipio de Escuintla y sus alrededores

8. PROPUESTA DE INDÍCE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Mantenimiento

1.2 Mantenimiento industrial

1.3 Tipos de mantenimiento

1.3.1 Mantenimiento correctivo

1.3.2 Mantenimiento predictivo

1.3.3 Mantenimiento proactivo

1.3.4 Mantenimiento bajo condiciones

1.3.5 Mantenimiento de clase mundial

1.4 Mantenimiento preventivo

1.5 Objetivo del mantenimiento preventivo

1.6 Beneficios del mantenimiento preventivo

1.6.1 Ventajas

1.6.2 Desventajas

1.7 Retroexcavadora

1.7.1 Características de la retroexcavadora

1.7.2 Tipos de retroexcavadoras

1.7.3 Partes principales de las retroexcavadoras

1.8 Lubricación

1.8.1 Importancia de la lubricación

1.8.2 Descripción del proceso de ejecución para lubricar la máquina

1.9 Tasa de falla y tiempo entre fallas

1.10 Disponibilidad

1.11 ISO 9001: 2015

1.12 Descripción de la empresa

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. MARCO METODOLÓGICO

9.1. Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación requiere datos sobre la cantidad de fallas, el tiempo entre fallas y los componentes que fallan con mayor frecuencia, para conocer la vulnerabilidad de los equipos, de manera que los datos serán obtenidos por medio del método observacional sin intervención del investigador, siendo una investigación de carácter no experimental.

9.2. Tipo de estudio

El tipo de investigación es descriptivo, porque contempla el efecto que generará la propuesta de programa de mantenimiento en el problema por el cual se realiza la investigación. El objetivo de la investigación es la aplicación del conocimiento que surge de ella y es por interés de una solución a la falta de programa de mantenimiento preventivo. El alcance temporal tiene características de una investigación transversal, siendo desarrollado en un tiempo estimado, excluyendo futuras actualizaciones para evitar ser prolongada.

9.3. Método de la investigación

La profundidad de la investigación es descriptiva, se cuenta con procesos de mantenimiento anteriores y con guías acerca de los equipos. Estos manuales ayudarán a interpretar los datos para que se obtengan mejoras en el mantenimiento.

9.4. Alcances

Para comenzar a trabajar se debe contar con ciertos principios de trabajo. Por ejemplo, estar dispuesto a encontrar solución en cada tarea que surja, dedicar el tiempo necesario a distintas etapas, el conocimiento de los sistemas implicados y ser tenaces para superar los problemas que se puedan dar durante el proceso.

El siguiente paso sería identificar la máquina en la cual se aplicará la investigación, debe carecer de un proceso de mantenimiento preventivo para que la selección sea la adecuada. Si cuenta con bitácora de mantenimiento, es necesario leer qué fallas ha presentado anteriormente y cuándo fue su último mantenimiento.

De no contar con esta información se diseñará un sistema de recolección de datos para la gestión de memoria de reparaciones y fallas con la finalidad de saber cuánto tiempo pasa el equipo disponible y cuánto pasa en período de reparación, para tener este parámetro como evaluación del servicio.

Para los procedimientos de reparación, si no se maneja registro de las fallas anteriores, se tendrá que hacer un diagnóstico VOSO para realizar un análisis básico a simple vista si la máquina presenta fallas muy notables. En caso contrario, se le aplicará el mantenimiento correctivo, en el cual ya se encuentra la obligación de investigar la causa de la falla, corregirla y analizar si no provocará posibles fallas a los sistemas en su entorno, considerando la situación corregida. Se ensambla nuevamente el equipo y se realizan pruebas de afinamiento o de precisión.

Tomando en cuenta los factores correspondientes al funcionamiento sin riesgo alguno, como niveles correctos de aceite, sistema refrigerante en orden, etc., se realizará la prueba que indicará si el mantenimiento fue hecho con efectividad previo a que entren en operación los equipos, y llevando el control de la bitácora y analizando se podrán programar períodos de inspecciones o reparaciones previos a fallas.

Se realizará la evaluación de los períodos de inspección establecidos, para verificar si se reducen las acciones correctivas en el equipo, disminuyendo el número de fallas y el tiempo en reparaciones. Un programa de mantenimiento que reduzca el número de fallas y el tiempo en el que estas afectan a las retroexcavadoras hace que mejore el control y registro de las operaciones de mantenimiento, para beneficiar a la empresa con mayor disponibilidad y prolongación de la vida útil de los equipos.

9.5. Variables

Las variables son aquellas que se ven sujetas a un cambio relacionado con otro elemento. Se trata de algo que se caracteriza por ser inestable, inconstante y mudable. Se clasifican en dependientes e independientes, las dependientes son las que varían con respecto a otra; las independientes varían sin ser afectadas por otro elemento.

9.5.1. Variables independientes

- Disponibilidad de repuestos en *stock*, la cual afecta directamente al tiempo que tarda la reparación.
- Acceso a las localidades donde están siendo empleados los equipos, relacionadas a la recolección de datos.

- Compromiso del personal para realizar las reparaciones con la mayor prontitud posible y no provocar cabos sueltos, disminuyendo el tiempo entre fallas y el número de fallas.
- La operación y el uso de los equipos.

9.5.2. Variables dependientes

- Tiempo entre fallas
- Frecuencia de fallas
- Número de fallas

9.6. Indicadores

Los indicadores en los cuales se basará la toma de decisiones para las medidas preventivas a tomar son:

- Número de fallas: saber qué tan frecuente se da una falla y reconocer qué componentes son los que más indisponen al equipo.
- Tiempo muerto entre fallas: cuánto tiempo se emplea en reparaciones, generando costos imprevistos en refacciones y en horas-hombre.

9.7. Fases o etapas del estudio

La investigación será realizada por los pasos que se presentan:

Etapa 1: reconocimiento y selección de los equipos:

- Se conocerán las condiciones de los equipos y se seleccionará la maquinaria a la cual será sometida la investigación.

Etapa 2: recopilación de información:

- Se necesita extraer información acerca de los procedimientos de mantenimiento que anteceden al proyecto de investigación.
- Consultar y entrevistar al personal de mantenimiento sobre la tendencia de fallas en los equipos.
- Empezar el registro de datos sobre el historial o bitácora de mantenimiento.

Etapa 3: planteamiento de programa de mantenimiento:

- Gestión del programa de mantenimiento acorde a la normativa especificada.
- Gestión de las boletas de procedimientos para las reparaciones.

Etapa 4: cálculo de tiempo entre fallas y número total de fallas:

$$TF_n = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}} = \frac{F}{TT-NOT}$$

Donde:

F = Fallas ocurridas

TT = Tiempo total (el que pudo haber trabajado)

NOT = Tiempo no trabajado por indisposición

TFn será el indicador cuantitativo de cuánto tiempo es invertido en paros por falla, por consecuencia requiriendo acciones correctivas.

Número de fallas total:

$$\sum_i^n f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n + f_{n+1}$$

Donde:

n es la cantidad que pueden llegar a fallar los equipos.

Los resultados que se esperan luego de la aplicación de la investigación son:

- Disminución del número de fallas en los equipos
- Aumento de disponibilidad
- Reducir las acciones correctivas

10. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se necesita un método para la tabulación de los datos que serán recolectados para el análisis y resolución del problema a solucionar por parte de la investigación. Para el análisis de la información recolectada durante el estudio se utilizarán dos técnicas de análisis de datos. El método de análisis de datos se hará mediante estadística descriptiva, utilizando las medidas de tendencia central:

- Moda: para identificar qué componentes son los que más demandan acciones correctivas.
- Media aritmética: para saber cuánto se lleva en promedio para reparación.
- Sumatoria: para saber cuánto tiempo se invierte en total con las reparaciones.

Para la organización y agrupación de los datos recolectados de los tiempos que tarden los equipos en reparación y la frecuencia con la que estos presentan fallos o irregularidades de operación, Excel será utilizado para organizar por medio de tablas y hojas de cálculo la ejecución del cumplimiento de todas las características requeridas. Este software facilitará el ordenamiento, tabulación y manejo de la información para la gestión del mantenimiento. Las fases o etapas en las que se utiliza son:

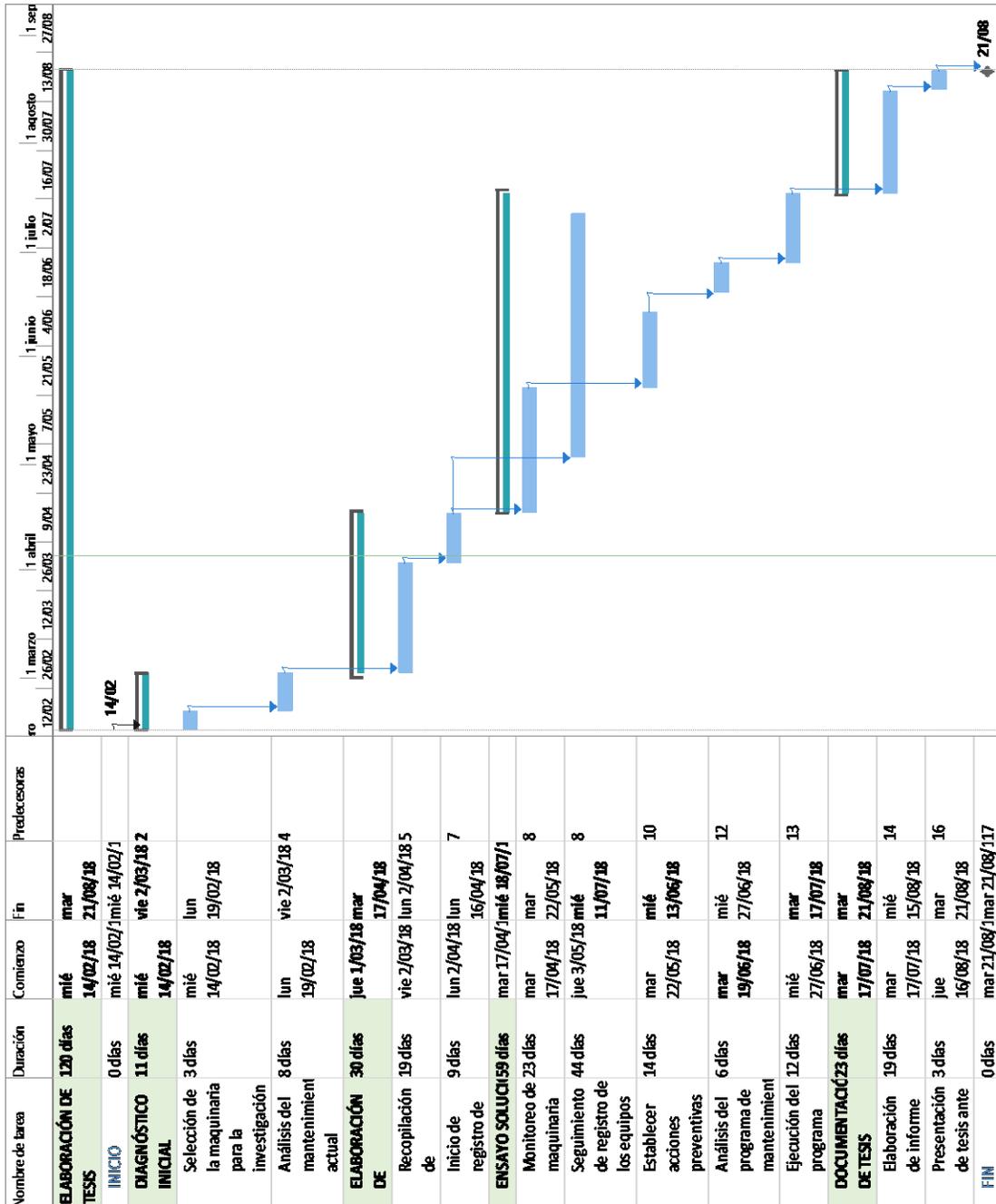
- Fase 2: al tener ordenada la información, ayudará a una mejor recolección de datos.

- Fase 3: con los datos ya ordenados y tomando en cuenta los más relevantes se puede plantear el programa de mantenimiento.

Con la información ya ordenada y agrupada, queda el análisis de la misma, para lo cual se utilizará estadística descriptiva, para localizar las tendencias y organizar los factores que se encuentran implícitos en la investigación. Los factores serán recopilados por medio del sistema de gestión del mantenimiento.

11. CRONOGRAMA

Figura 12. Cronograma



Fuente: elaboración propia

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para el estudio que se plantea realizar se analizarán factores económicos, humanos, tecnológicos y permisos para acceder a la información, relacionados entre ellos de forma integral, tal y como se expresa:

- Permisos y acceso a información: de acuerdo con los requerimientos de permisos y el acceso a la información, se obtuvo la autorización del administrador de la empresa para poder obtener cualquier información relevante para el estudio, además del acceso a las instalaciones.
- Recursos humanos: para el estudio será necesario que se vean involucrados los técnicos encargados de las reparaciones, para que solucionen y mantengan la disponibilidad de los equipos.
- Recursos tecnológicos: se utilizarán las retroexcavadoras CASE 580 y todos los equipos y herramientas para el mantenimiento de las mismas.
- Recursos económicos: los costos de movilización y alimentación corren por cuenta del investigador, siendo los siguientes:

Tabla III. Costos estimados para la realización del estudio

Descripción	Unidad de medida	Cantidad necesaria	Precio unitario	Total
Hojas	Resmas	3	Q40.00	Q120.00
Impresiones	Hoja	2,000	Q0.50	Q1000.00
Folders	Unidad	7	Q2.50	Q17.50
Alimentación y transporte	Gasto diario	150	Q40.00	Q6,000.00
Asesoría de tesis	Cesiones	10	Q250.00	Q2,500.00
Gastos varios				Q700.00
15% sobre imprevistos				Q1,550.63
TOTAL				Q11,888.13

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Amendola, L. (2002). Aplicación de la confiabilidad en la gestión de proyectos en paradas de plantas químicas. VI Internacional Congreso on Project Engineering, AEIPRO. Pág.154
2. Bona, J. Gestión del mantenimiento. Fundación Confemetal, Madrid, España. Consulta: 2018.
3. Cabrera, D. (2017). Modelado de sistemas dinámicos con machine learning, aplicaciones al mantenimiento basado en condición. Tesis doctoral, Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
4. Carles, R. I. B. A. (2002). Diseño concurrente. España, Ediciones UPC.
5. Carnero, M. (2012). Programas de mantenimiento preventivo. España. EAE 2012.
6. Chang, E. (2009). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
7. Donis, A. (2011). Implementación de mantenimiento preventivo/predictivo en equipo biomédico en el instituto mexicano de seguridad social. Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Tula. Hidalgo, México.

8. Ellis, H. (2003). Principles of the transformation of the maintenance function to world-class standards of performance. 1999. Estados Unidos.
9. Fernández, F. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. España. FC Editorial.
10. García, S. (2012). Mantenimiento correctivo en centrales de ciclo combinado. Consulta: 2018.
11. García, S. (2009) Ingeniería de mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. Renovatec.
12. Garrido, S. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. España, Ediciones Díaz de Santos.
13. González, F. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial. 2da. Edición, España, FC Editorial.
14. Goti, A. (2008). Sound-based predictive maintenance: a cost-effective approach. Págs. 37-40
15. Granados, C. (2003). Programa de mantenimiento preventivo de retroexcavadoras cargadoras. Tesis de grado, Escuela de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico, Costa Rica.
16. Grijalva, W. (2003). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble. Tesis de grado, Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

17. López, E. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación. Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia.
18. Maldonado, H.; Siguenza, L. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del Cantón Portovelo. Tesis de grado, Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador.
19. Márquez, Ángel; Ajuech, Leví; et al. (2017). Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales. España, Grupo Editorial Patria.
20. Mora, A. (2005). Mantenimiento estratégico para empresas de servicio. AMG.
21. Moreno, R. (2009). Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional. Tesis doctoral, Universidad de Oriente, Venezuela.
22. Moubray, J. (2004). RCM. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Aladon LLC.
23. Nieto, C.; LÓPEZ, R. (2012). Metalmecánica, lubricación de maquinaria. Recuperado de:
<http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanicageneral/CURSO%20OPERADOR%20DE%20MANTENIMIENTO%20MECANICO%20INDUSTRIAL/12%20LUBRICACION%20DE%20MAQUINARIA.pdf>.
[Consulta: 27 de mayo de 2018].

24. Pérez, C.; Salgado, G. (2012). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo programado para equipo pesado y motores fuera de borda del gobierno autónomo descentralizado del Cantón Colta con la utilización de un software. Tesis de grado, Universidad de Riobamba, Ecuador.
25. Ruiz, J. (2009). Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa INVERGLOBLA INC LTDA. Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana Barrancabermeja, Bolivia. Anthony M. and Glenn R.
26. Smith, A.; Hinchcliffe, G. (2005). Develop good strategies for effective preventive maintenance. Plant Engineering.
27. Solé, A. (1991). Fiabilidad y seguridad de procesos industriales (Vol. 49). España, Marcombo.
28. Tecsup. (2007). Mantenimiento industrial. Lima.
29. Toapanta, F.; et al. (2010). Diseño de un plan de mantenimiento para el equipo caminero y vehículos que dispone el gobierno municipal de Tena. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Apéndice 2. **Plan de mantenimiento de equipos y máquinas Formato-
MANT-02**

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REGISTRO-MANT-02-	PAG. DE
Fecha Aprobación:		Fecha Próxima Revisión:	
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
MAQUINA/EQUIPO		CÓDIGO	
TAREA		PERIODICIDAD	
APROBACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Fecha:		Firma:	
ELABORADO POR :			
Vº Bº GERENCIA :			
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia

Apéndice 3. Ficha técnica de equipos y máquinas Formato-MANT-03

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REGISTRO-MANT-03-	PAG. DE
FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINA/EQUIPO			
CÓDIGO		FABRICANTE	
FECHA ENTRADA		FECHA FABRICACIÓN	
DESCRIPCIÓN			
CONTACTOS			
NOMBRE	CARGO	EMPRESA	TLF/FAX
			

Fuente: elaboración propia

Apéndice 4. **Historial de revisiones y reparaciones Formato-MANT-04**

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REGISTRO-MANT-04-	PAG. DE
HISTORIAL DE REVISIONES/REPARACIONES			
MAQUINA/EQUIPO		CODIGO	
TAREA (DESCRIPCIÓN, HORAS, PERSONAL, REPUESTOS, IMPORTE, ETC)		HORA/FECHA	
		INICIO:	
		FINALIZACIÓN:	
		INICIO:	
		FINALIZACIÓN:	
		INICIO:	
		FINALIZACIÓN:	
		INICIO:	
		FINALIZACIÓN:	

Fuente: elaboración propia

Apéndice 5. Matriz de coherencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Metodología	Conclusión
<p>Problema general:</p> <p>Carencia de programa de mantenimiento preventivo para las retroexcavadoras.</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Diseñar la gestión de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa dedicada a la renta de maquinaria y servicio de la construcción bajo la normativa ISO 9001.</p>	<p>Implementar un programa de mantenimiento preventivo basado en la norma.</p>	<p>Adaptar a la norma el mantenimiento para los equipos</p>	<p>Con el seguimiento adecuado, se logrará la implementación del programa de mantenimiento, basado en la normativa</p>
<p>Problemas específicos:</p> <p>Número considerable de acciones correctivas.</p> <p>Ausencia de sistema de información.</p> <p>No se gestiona bien el mantenimiento para las retroexcavadoras</p>	<p>Reducir las acciones correctivas en la maquinaria.</p> <p>Diseñar un sistema de información para el mantenimiento .</p> <p>Definir el mantenimiento preventivo conveniente para las retroexcavadoras según la normativa ISO 9001.</p>	<p>Convertir un gran porcentaje de acciones correctivas en preventivas,</p> <p>Conseguir un sistema definido para el manejo de la información.</p> <p>Establecer las acciones preventivas adecuadas para el equipo</p>	<p>Reducir las acciones correctivas con la programación de mantenimiento preventivo.</p> <p>Facilitar el mantenimiento con un control del mismo llevando registro.</p> <p>Readecuar el mantenimiento para que este prevenga fallos en el equipo.</p>	<p>Si se realiza una gestión correcta el número de acciones correctivas disminuirá.</p> <p>Con el control y registro, quedará el sistema para el manejo de información de los equipos.</p> <p>Definiendo que acciones se ven beneficiadas al adjudicar la norma en los procedimientos.</p>

Fuente: elaboración propia

