



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

“Mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el  
Tiempo Total de Operación TTO, en la empresa Construcción y  
Administración S.A. para incrementar la disponibilidad de la maquinaria  
pesada”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**AUTORES:**

Flores del Águila, Jean Pierre  
Vílchez Rodríguez, Jhosep Alexander

**ASESOR:**

Ing. Martin Sifuentes Inostroza

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y planes de mantenimiento

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES RAMON BELLO Y ELENA DEL AGUILA**

Por brindarme su inmenso amor e incondicional apoyo, durante todo el tiempo de mi formación como profesional.

### **A JULIET ELENA:**

Por ser el motivo de mis ganas de superarme día a día, y ser un profesional destacado.

**A MIS PADRES GERMAN Y MARY:**

Por brindarme su inmenso amor e incondicional apoyo,  
por ser mi fuente de inspiración y fortaleza  
y por educarme para ser un hombre de bien. (VR)

**A JULLY Y MATHIAS:**

Por ser mis ganas de superarme día a día, por su cariño y  
comprensión que me permitieron avanzar en mi carrera  
profesional. (VR)

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios, por ser el que ilumina y guía mis pasos, por poner en mi camino a grandiosas personas que me ayudaron y fortalecieron en este camino universitario.

Agradezco también, a la Universidad César Vallejo por brindarme los ambientes y por formarme profesionalmente, a los docentes que con su enseñanza permitieron fortalecer mis conocimientos como Ingeniero y de manera muy especial a mis asesores los ingenieros Felipe de la Rosa Bocanegra y Martín Sifuentes Inostroza.

A la empresa Construcción y Administración S.A.; que nos permitió desarrollar nuestra investigación dentro de ella, especialmente al ingeniero Raúl Mejía Ramírez y a la ingeniera Fiorella Corazón Güivin.

## PAGINA DEL JURADO

El jurado evaluador del trabajo de investigación, **“Mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el Tiempo Total de Operación TTO, en la empresa Construcción y Administración S.A. para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada”**, para optar por el título profesional de INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA, acuerda aprobar por unanimidad y recomienda la publicación y difusión del mismo para el conocimiento de la comunidad académica.

---

Ing. Alex Tejeda Ponce  
Presidente

---

Ing. Felipe de la Rosa Bocanegra  
Secretario

---

Ing. Martín Sifuentes Inostroza  
Vocal

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jean Pierre Flores del Águila, con DNI N° 70170471 y Jhosep Alexander Vílchez Rodríguez con DNI N° 46965467, en 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 Industrial, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta 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 información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio del 2019

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado, presentamos ante ustedes la Tesis titulada “Mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el Tiempo Total de Operación TTO, en la empresa Construcción y Administración S.A. para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada”, la cual contempla siete capítulos:

Capítulo I: Introducción, en la cual se describen las bases teóricas que ayudan a dar solución a la problemática presentada, asimismo la justificación del estudio, el problema, hipótesis y objetivos que se quieren lograr.

Capítulo II: Método, hace referencia al método, diseño, variables, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos empleados y los métodos de tratamiento de datos.

Capítulo III: Resultados, Contiene el resultado de los objetivos, para lo cual se realizó una evaluación de la empresa en estudio, se determinaron las unidades críticas, a través del indicador de criticidad, elaboración del plan de mantenimiento preventivo, haciendo uso del método del AMEF, implementación del plan y por último se determinó la rentabilidad.

Capítulo IV al V: Contiene secuencialmente las discusiones, conclusiones de cada objetivo.

Capítulo VI: Las recomendaciones adecuadas al estudio; y

Capítulo VII: Presenta las fuentes bibliográficas usadas en base al a teoría del mantenimiento.

Esta investigación ha sido elaborada en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico-Eléctrico. Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>PAGINA DEL JURADO</b> .....	iv
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	v
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	3
<b>1.2. Trabajos previos</b> .....	4
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema</b> .....	9
<b>1.4. Formulación del problema</b> .....	22
<b>1.5. Justificación del estudio</b> .....	22
<b>1.6. Hipótesis</b> .....	23
<b>1.7. Objetivos</b> .....	23
<b>II. MÉTODO</b> .....	24
<b>2.1. Tipo de estudio</b> .....	24
<b>2.2. Diseño de la investigación</b> .....	24
<b>2.3. Variables y operacionalización</b> .....	26
<b>2.4. Población y muestra</b> .....	28
<b>2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	28
<b>2.6. Métodos de análisis de datos</b> .....	29
<b>III. RESULTADOS</b> .....	30
<b>IV. DISCUSIONES</b> .....	65
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	67
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	69
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	70
<b>ANEXOS</b> .....	71



## RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en la Empresa Construcción y Administración S.A., proponiendo incrementar la disponibilidad de la maquinaria a través de la Mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el Tiempo Total de Operación TTO, la población la constituyeron las 19 máquinas con las que cuenta la empresa, la muestra fueron 5 de ellas, puesto que, al realizar el indicador de criticidad, se determinó que éstas eran las más críticas. La tesis ha sido experimental de diseño Pre-experimental, ya que se realizarán pre-pruebas y post- pruebas luego de establecer el plan de mantenimiento preventivo para determinar la mejora de la disponibilidad. Las técnicas aplicadas fueron la encuesta, entrevista y análisis documental; y, los instrumentos el cuestionario y estados financieros; se determinaron como resultados que la empresa, en materia de mantenimiento, no realizaba capacitaciones a sus colaboradores, además mediante una proyección, se logró mejorar la disponibilidad en un 22% Con estos obtenidos se pudo llegar a la conclusión que la mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad.

**Palabras claves:** Sistema de gestión de mantenimiento preventivo, disponibilidad, Tiempo Total de Operación.

## ABSTRACT

The present investigation was developed in the Construction Company and Administration SA, in this thesis was proposed to increase the availability of the machinery, through the Improvement of the management system of preventive maintenance based on the Total Time of Operation TTO, the population constituted it the 19 machines with which the company has, and the sample were 5 of them, since, when carrying out the criticality indicator, it was determined that these were the most critical. The thesis has been experimental Pre-experimental design, since pre-tests and post-tests will be carried out after establishing the preventive maintenance plan to determine the improvement of availability. The techniques applied were the survey, interview and documentary analysis; and, the instruments, the questionnaire and financial statements; were determined as results that the company, in the matter of maintenance, did not train its collaborators, also through a projection, it was possible to improve the availability by 22%. With these obtained it was possible to reach the conclusion that the improvement of the preventive maintenance management system improves the availability.

**Keywords:** Preventive maintenance management system, availability, TTO method (Total Operation Time)

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Una adecuada gestión de mantenimiento permite que la operación de las máquinas y equipos sea de manera continua, en la empresa Construcción y Administración S.A, se puede evidenciar la gestión de mantenimiento está un poco descuidada por parte de los encargados ya que de manera consecuente se puede encontrar cuellos de botella en la operación de la maquinaria. Es así que, se propone implantar una gestión de mantenimiento eficaz el cual pueda constituir y ser parte del crecimiento de la empresa CASA, convirtiéndole así en una empresa más competitiva; es por ese motivo que instamos a la empresa CASA a reestructurar su plan de mantenimiento el cual les permitirá tener de manera más oportuna sus equipos para las necesidades que se presenten durante el desarrollo de las actividades programadas; obteniendo así el respaldo de nuestros clientes y logrando abarcar un terreno mayor dentro de la competencia, alcanzando así se una de las empresas más solicitadas dentro del mercado de la construcción.

CASA cuenta con un pool de maquinaria pesada, actualmente para los equipos y maquinaria existe un mantenimiento programado, pero mediante una visita de inspección, se pudo observar que el mantenimiento que más se aplica actualmente viene a ser de tipo correctivo, por lo que se puede decir que el mantenimiento programado o preventivo no está siendo aplicado correctamente, ya que las actividades de mantenimiento están enfocadas en reparar fallas repentinas, generando así costos adicionales dentro de los cuales destacan por ejemplo remuneración adicional a los operarios y mecánicos por concepto de horas extras, altos costos en inventarios de insumos y partes, por consecuencia mayor consumo de los mismos, entre otros.

Por ello, se le presenta una mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el tiempo total de operación en la empresa Construcción y Administración S.A. para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada.

## **1.2. Trabajos previos**

Díaz, (2014) en su trabajo de grado “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA EQUIPOS TECNICOS DE COLOMBIA ETECOL SAS”, para optar el título de INGENIERO MECÁNICO, de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Pereira, Risaralda, Colombia, llegó a la siguiente conclusión: “Se diseñó un formato de tarjeta maestra para los equipos, se diseñaron rutinas de mantenimiento con base a la información recolectada del manual de operación y mantenimiento de los equipos”.

Para llegar a esta conclusión se analizó las horas de operación de los equipos para las 50, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 y 2000 horas para cada modelo de equipo, siendo así que se garantiza la confiabilidad de los equipos.

Para poder desarrollar el plan de manteniendo Díaz siguió los siguientes pasos: Esquema general de los componentes principales de los equipos comercializados por la empresa; se realiza un análisis de cada uno de los equipos, los tipos de trabajo que realiza, un análisis de los tipos de combustible y aceites que usa cada uno de las máquinas y una verificación de su sistema de control.

Realización de instructivos de mantenimiento; en esta parte se realizó la implementación de las tarjetas maestras donde se va a colocar la información más importante de los equipos, como los parámetros de operación, datos de fabricante, cantidades y tipos de fluidos, etc. Esto permitirá elaborar un programa sistematizado de mantenimiento preventivo, el cual se adapte de la mejor manera a las necesidades específicas de la empresa.

Programación de mantenimientos; se realiza de acuerdo a los requerimientos de cada uno de los equipos de los manuales de servicio, obteniendo datos de los manuales de operación y mantenimiento, catálogos de partes, conocimiento y experiencia del personal y conocimientos y experiencia del fabricante.

Allali (2016) en su trabajo de master “PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA VEHICULAR MEGALOG”, para optar al título de MASTER EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO de la UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, Valencia, España, llego a la siguiente conclusión: “El programa de mantenimiento es una herramienta clave que se la debe seguir estrictamente realizando todos los procedimientos y recomendaciones descritos para cada unidad”.

Logrando así mantenerla operativa y aprovechar al máximo la vida útil de la misma”. Teniendo un costo total de implementación del programa de mantenimiento de 41955 euros.

Para llegar a esta conclusión Allali hizo un análisis del sistema actual de mantenimiento en donde se enfocó en los planes de mantenimiento que son recomendados por los fabricantes de los vehículos, apoyándose en las fichas técnicas y los manuales de taller, de donde pudo obtener datos como las guías de mantenimiento, datos del servicio de mantenimiento para cada equipo y el costo de los tiempos de mantenimiento.

Una vez obtenidos los datos Allali pudo plantear el diseño del plan de mantenimiento para la empresa MEGALOG, el cual lo desarrollo de una manera detallada; así fue que como primer punto realizo un inventario en donde se hizo un listado de los equipos, seguidamente estructuro los procedimientos a seguir, luego estructuro un almacén de equipos para el mantenimiento, para finalmente implementar informes para cada una de las tareas a realizar.

Por último, Allali separo en fases el plan de mantenimiento elaborado, el cual llevo a la anterior conclusión, cada fase se describe a continuación inventario de equipos, elaboración de fichas técnicas, estudio de las necesidades técnicas de los equipos y la distribución de tareas, planificación de las actividades anuales y la elaboración del inventario de repuestos y consumibles del almacén.

Guerra (2014) en su tesis de grado “PLAN DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINARIAS UTILIZADA EN MANTENIMIENTO DE CARRETERAS EN LA EMPRESA ICCGSA”, para optar al título profesional de INGENIERO MECÁNICO de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, Huancayo, Perú, llegó a la siguiente conclusión: “Se verifica que la disponibilidad total de los equipos aumento en un 24.6%, respecto a la disponibilidad mecánica inicial de la unidad de observación es de 67.3% debido a las fallas”.

Guerra para dar la conclusión mencionada con anterioridad, se valió de los reportes de campo y las ordenes de trabajo programadas para los equipos de donde pudo obtener la marca, serie, descripción, horometro y la ubicación de los equipos, también realizo inspecciones mensuales en donde pudo encontrar las fallas más comunes presentadas en los equipos, así tener un punto de partida donde concentrarse con más atención.

Guerra implemento unas hojas de cotejo e instrumentos de evaluación los cuales sirvieron para obtener los datos más relevantes usados en su investigación, fue así que encontró la disponibilidad actual de los equipos, también se hizo una recolección de muestras de los aceites usados en cada una de las maquinarias, hidrolina y las grasas de cada uno de los equipos, los cuales fueron llevados a un laboratorio para su respectivo análisis.

Finalmente, Guerra puso en marcha la implementación de su plan de engrase y lubricación para la maquinaria pesada, la cual era el objeto de estudio, el plan seguía el siguiente formato se aplica de manera semanal o las 50 horas de uso con lo cual buscaba evitar el desgaste prematuro de los elementos de los equipos, también se hizo un plan de capacitación para el personal de tal modo que se acoplen al nuevo modelo de trabajo, los nuevos formatos y los procedimientos implementados; fue así como se logró alcanzar la disponibilidad anteriormente mencionada.

Tuesta (2014) en su tesis de grado “PLAN DE MANTENIMIENTO PARAMEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LA EMPRESA OBRAINSA”, para optar al título profesional de INGENIERO MECÁNICO, de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Callao, Perú, llego a la siguiente conclusión: “La gestión del mantenimiento, permitió cuantificar la mejora logrando, mayor disponibilidad de los equipos, el MTTF tenía un promedio de 2323 horas al finalizar se aumentado a 3857 horas”.

Tuesta para llegar a la conclusión anterior se apoyó en las técnicas de recolección de datos como son observación directa, la cual consistió en evaluar el desempeño del personal del área de mantenimiento, así como la operación de los equipos pesados; también realizo entrevistas al personal encargado del mantenimiento como al jefe de mantenimiento obteniendo así datos reales de la maquinaria finalmente dentro de esta estrategia utilizo las encuestas las cuales le permitieron obtener información estricta del área de mantenimiento. También para obtener datos de manera más concisa centrados en el mantenimiento en sí de los equipos de maquinaria pesada se tuvo que hacer un análisis de criticidad de los equipos, el cual permitió obtener el nivel crítico en el cual se encontraban los equipos, determinando la cantidad de fallas, tiempo promedio por falla, disponibilidad de los repuestos, etc. Del mismo modo se hizo un análisis de causa raíz de donde se pudo obtener un razonamiento lógico para la comprensión del problema, llegando así a la posible causa de origen. Tuesta realizo un análisis al sistema actual de mantenimiento de donde pudo observar que no había una gestión de mantenimiento el cual se pudo evidenciar en las paradas imprevistas por falla; es así que se realizó una identificación de los equipos más críticos dentro del pool de maquinarias el cual fue enfocado en la frecuencia de fallas y el impacto operacional de cada maquinaria.

Vásquez (2016) en su tesis de grado “SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL RIESGO PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA REPRESENTACIONES Y SERVICIOS TÉCNICOS AMÉRICA S.R.L TRUJILLO”, para optar al título profesional de INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, Trujillo, Perú, llego a la siguiente conclusión: “Logrando aumentar el tiempo promedio entre fallas a 28.27 horas útiles/ falla, se logra aumentar la disponibilidad de toda la maquinaria en un rango de 84.80% a 96.92%”.

La obtención de los datos presentados en la conclusión anterior Vásquez lo obtuvo mediante una evaluación de los tiempos utilizados en la reparación de la maquinaria pesada, también hizo una evaluación del tiempo útil de operación en la maquinaria pesada durante el 2015, el cual se obtuvo de las mediciones por horometro de cada máquina, hizo una evaluación del tiempo promedio de reparación y el tiempo promedio entre fallas; cómo se puede observar, Vásquez se basó en el estudio de los tiempos lo cual es un punto muy importante para mi estudio que está basado en tiempo total de operación.

Del mismo modo, Vásquez analizó disponibilidad actual de cada una de las máquinas, tomando en cuenta el tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio por reparación.

Finalmente, Vásquez implemento su programa de mantenimiento apoyándose de hojas de información y hojas de decisión; donde las hojas de información le permitió obtener los datos de gestión de mantenimiento hallando las maquinas en estado crítico, con las hojas de decisiones Vásquez, como su mismo nombre lo dice, pudo tomar las mejoras decisiones para cada falla encontrada en los equipos en estado crítico, con lo cual se pudo alcanzar el aumento del tiempo promedio entre fallas del mismo modo aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada.



### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Gestión de mantenimiento**

La gestión de mantenimiento es una herramienta fundamental en el área de la ingeniería mecánica; después de poner en servicio una maquina o equipo la gestión de mantenimiento nos permitirá asegurar la vida útil necesaria, la cual permita recuperar la inversión y obtener las ganancias planteadas.

Una adecuada gestión de mantenimiento nos permitirá garantizar de una manera segura la disponibilidad del activo, lo cual nos permitirá poseer un mejor control de gastos de este en su vida útil o periodo de uso.

#### **1.3.2. Mantenimiento**

Se denomina mantenimiento al conglomerado de actividades que se realizan en equipos e instalaciones, su función principal es la prevención y corrección de fallas para lograr que estos sigan realizando las actividades asignadas en su fabricación, para alcanzar todo esto debemos tener un equipo especializado encargado de todo esto, formando de esta manera el área de mantenimiento de una empresa el cual nos debe asegurar el cumplimiento de los objetivos principales de las mismas que son: minimizar gastos de producción, aumentar la disponibilidad y avalar la seguridad (Vásquez, O. 2016).

#### **1.3.3. Planificación del Mantenimiento**

Para lograr un sistema de mantenimiento preventivo efectivo debemos de planificarlo de acuerdo con las necesidades de los equipos y debe ser respetado por todos los miembros de la empresa (Duffuaa, 2007). Según Duffuaa (2007), es necesario seguir estos pasos básicos para instalar un plan de mantenimiento:

- 1) Realizar un inventario de los equipos.

Este paso nos permite tener a la mano todos los datos necesarios para conocer el estado de cada uno de los equipos. Se debe considerar los siguientes datos: tipo de equipo, descripción, ubicación, datos de placa, actualizaciones efectuadas.

2) Asignar el tipo de mantenimiento y criticidad.

Este paso nos permite asignar que tipo de mantenimiento se va a realizar al equipo, establecer el nivel de criticidad nos permite conocer cuáles son los elementos que debemos evitar que fallen, para así mantener el equipo operativo.

3) Realizar listas de verificación del mantenimiento.

Este paso nos permite tener una lista de verificación del equipo, en esta lista deben de figurar tareas de limpieza, ajuste de pernos, chequeo de fugas, sobrecalentamientos, nivel de refrigerante, nivel de aceite, etc. Estas listas de chequeo pueden ser aplicadas de forma diaria, semanal o mensual.

4) Crear ordenes de trabajo.

Este paso nos permite crear ordenes de trabajo, las cuales deben contener materiales y herramientas, usualmente son ejecutadas por el personal de mantenimiento. La orden de trabajo define la manera en la que se va a realizar la tarea de mantenimiento, indica los recursos a utilizar, el lugar donde se realizará el trabajo, el tiempo estimado y las personas encargadas de realizar el trabajo.

5) Crear hojas de ruta del mantenimiento.

Este paso nos ayuda a organizar todos los desplazamientos necesarios para realizar las listas de verificación y las ordenes de trabajo en el menor tiempo posible, optimizando la productividad del personal de mantenimiento.

6) Desarrollar un programa de mantenimiento.

Se debe considerar un programa anual de mantenimiento para cada máquina, detallando todas las actividades de mantenimiento preventivo a realizar. Las listas de verificación y las ordenes de trabajo tienen vital importancia para que la realización del mantenimiento sea más dinámica.

En la **figura N°1** podemos observar los pasos a seguir para planificar una tarea de mantenimiento.



**Figura 1.** Pasos para planificar tareas de mantenimiento.

**Fuente:** TECSUP (2017).

7) Mantener un historial de cada equipo.

Este paso es importante, porque nos permite conocer las fallas que se han presentado, los repuestos utilizados, tiempo utilizado y costos de los mantenimientos. Esto nos ayuda a evaluar el rendimiento del equipo y comparar los gastos efectuados con los costos de reemplazo.

8) Desarrollar un sistema de informes de mantenimiento.

Este paso es muy importante para dejar constancia de la efectividad de nuestras tareas de mantenimiento realizadas. Los informes deben considerar la siguiente información: cumplimiento de los trabajos realizados, trabajos programados vs trabajos realizados, costos del mantenimiento, duración del mantenimiento, evaluación del tiempo medio entre fallas, desempeño general del plan de mantenimiento utilización y productividad. Los informes deben ir dirigidos al gerente de mantenimiento.

## 9) Organizar el mantenimiento.

Para que un plan de mantenimiento sea efectivo, se debe contar con una buena organización del mantenimiento. Es recomendable contratar personal capacitado para realizar las tareas de mantenimiento y determinar el personal necesario para realizar las tareas de mantenimiento.

### **1.3.4. Tipos de mantenimiento**

En la actualidad hay diferentes sistemas para prestar el servicio mantenimiento a los equipos o maquinarias en operación dentro de una instalación. Algunos sistemas se encargan de corregir fallas, mientras que otros se enfocan y actúan antes de que la falla se presente, asegurando que la instalación funcione de manera correcta y siga funcionando para el propósito para el cual fue puesto en servicio (Sánchez, citado por Vásquez, O. 2016).

Los tipos de mantenimiento a ser tratados son:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

### **1.3.5. Mantenimiento Correctivo**

Se denomina mantenimiento correctivo al conglomerado de acciones de reparar y/o cambiar componentes dañados cuando se presenta la falla. El mantenimiento correctivo es factible aplicar en sistemas complejos, en los cuales es difícil predecir las fallas, también se puede aplicar en procesos que permiten tener paradas en cualquier instante y durante cualquier lapso, evitando perturbar la seguridad. Las maquinas que ya poseen varios años de servicio, también admiten el mantenimiento correctivo (Sánchez, citado por Vásquez, O. 2016).

#### **1.3.5.1. Ventajas**

- Se saca el máximo provecho a la vida útil de los sistemas.
- No son necesarias las grandes infraestructuras técnicas, tampoco de una elevada capacidad de análisis.

### **1.3.5.2. Desventajas**

- La producción se ve afectada por averías que se dan de forma imprevista.
- Los fallos se pueden dar en elementos difíciles de conseguir.
- El mantenimiento muchas veces no será eficiente porque se dispone de poco tiempo para realizar las reparaciones.

### **1.3.6. Mantenimiento Preventivo**

Mantenimiento preventivo se denomina a las labores de renovación llevadas a cabo en intervalos fijos sin tener en cuenta el estado del elemento o componente. Para poder llevar a cabo las tareas debe existir un patrón de desgaste, por ejemplo, considerando que la falla se presente de manera más repentina luego de terminar el elemento su vida útil. Se debe ser sigiloso, cuando vamos a elegir una labor preventiva u otra labor indistinta de mantenimiento (Sánchez, citado por Vásquez, O. 2016).

#### **1.3.6.1. Ventajas**

- En comparación con mantenimiento predictivo los costos son menores.
- Las fallas presentan una reducción significativa.
- Los paros imprevistos son reducidos.
- El mantenimiento puede ser más controlado y posee una mejor planeación.

#### **2.3.6.1. Desventajas**

- Para una buena programación del mantenimiento es necesario contar con gente experimentada y catálogos del fabricante.
- No se puede determinar de manera exacta el deterioro o desvalorización de las componentes de los equipos

### **1.3.7. Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo no es más que la búsqueda de síntomas o indicios los cuales nos consientan visualizar la falla antes de que esta se dé. Así, tenemos una labor de mantenimiento predictivo al inspeccionar de manera visual el nivel de deterioro de un neumático, ya que nos consientan visualizar la causa de falla antes de que la falla funcional se dé. Dentro de estas labores tenemos: registros visuales del nivel de deterioro, seguimiento por ejemplo vibraciones y ultrasonido, verificaciones por ejemplo el nivel de aceite. Todas estas tareas su común denominador es que la acción a realizar dependa de la condición medida. Por ejemplo, con las mediciones de vibraciones de un equipo se determinará si se cambia o no, necesariamente debe presentarse una clara condición de falla potencial para hacer la evaluación. Esto significa que debe existir síntomas claros de que la falla está por ocurrir (Sánchez, citado por Vásquez, O. 2016).

#### **1.3.7.1. Ventajas**

- Aumenta la confiabilidad. Debido a que el personal es calificado y se usa aparatos de última generación, los resultados deben ser más exactos.
- Se disminuye la mano de obra. Esto genera reducción gastos en mano de obra y en los procesos de contratación.
- Se aumenta la vida útil de los repuestos. Ya que las inspecciones están basados a resultados, y no a lo que se pueda percibir, esto permite que los repuestos subsistan su lapso de vida programado.

#### **1.3.7.2. Desventajas**

- Para medir todo con precisión se requiere equipos especiales y costosos, esto genera una búsqueda de las mejores opciones para ser adquiridos.
- El personal debe ser altamente calificado, esto implica un gasto más elevado y tal vez, dependiendo del área, las opciones son menores.

- Los costos de su ejecución son elevados ya que se maneja mediante programaciones de trabajo.

### **1.3.8. Falla**

Se denomina falla a la avería o deterioro exhibido en un elemento o en los distintos componentes de una máquina o equipo, produciendo molestias en su funcionamiento normal.

Dentro de la maquinaria pesada las principales fallas más comunes que podemos encontrar son las que se presentan en el eje motriz en donde se debe analizar que este cumpla las exigencias para la fuerza, para poder arrastrar el peso deseado dentro del proceso; identificar que el la maquinaria opere bajo las especificaciones indicadas por el fabricante; otra falla muy común es que los ejes motrices no estén operando bajo las condiciones adecuadas las cuales permitan alargar la vida útil de los mismos; un punto muy importante para identificar estas fallas es analizar los lubricantes y grasas usadas en cada uno de los componentes, también se puede evidenciar mediante la fricción que se presenta entre los componentes.

Es así que al identificar una falla se tiene que reemplazar los componentes desgastados y realizar un ajuste a los componentes de que conforman el sistema (Guerra, J. 2014).

### **1.3.9. Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)**

Según Domínguez (2011), es una herramienta que nos ayuda a detectar todas las posibles fallas, y nos permite planear estrategias para evitar que las fallas se presenten.

#### **1.3.9.1. Tipos de AMEF**

- AMEF de Diseño: Utilizado para estudiar los elementos de diseños, enfocando los tipos de falla causados por el diseño y relacionados con la funcionalidad de un elemento.
- AMEF de Proceso: Se utiliza para revisar procesos de manufactura y ensamble, se basa en los tipos de falla que se presentan en el proceso de producir el elemento requerido. (Domínguez Herrera, 2011)

### **1.3.9.2. Objetivos del AMEF**

- Identificar los tipos de falla y calificar el impacto de sus efectos.
- Ordenar las carencias de productos y procesos.
- Prevenir y eliminar los problemas del producto y del proceso.

(Domínguez Herrera, 2011).

### **1.3.9.3. Procedimiento para la elaboración del AMEF**

#### 1) Definir el proceso a estudiar.

Se debe registrar el flujo del proceso evaluado, empezando desde la provisión de materia prima hasta la recepción del cliente. Se determinan cuales áreas están más propensas a posibles fallas (Domínguez Herrera, 2011).

#### 2) Establecer los modos potenciales de falla.

Se debe establecer los tipos de falla posibles en cada área propensa a fallas, para determinar las fallas es necesario determinar de qué forma podría fallar el elemento (roto, fracturado, flojo, fuga, etc.) (Domínguez Herrera, 2011).

#### 3) Determinar las consecuencias de la falla.

Las fallas podrían causar los siguientes efectos: deterioro prematuro, ruidos anormales, operación errática, interrupciones de procesos (Domínguez Herrera, 2011).

#### 4) Determinar las causas de la falla.

Según Domínguez (2011) las causas pueden ser:

- Causas afines con el diseño del elemento: mala elección de material, tolerancias, etc.
- Causas que no pueden ser Entradas de Diseño como: lugar de operación, vibración, etc.
- Mecanismos de Falla: se somete a fatiga, alta corrosión, desgaste excesivo.



5) Describir las condiciones actuales.

Se realizan cálculos, análisis de elementos, prototipos de prueba para:

- Evitar o eliminar causas de la falla.
- Detectar falla anticipadamente.
- Reducir los impactos causados por las fallas.

(Domínguez Herrera, 2011)

6) Determinar el grado de severidad.

Se debe analizar el impacto causado por la falla, se puede utilizar la siguiente tabla para analizar el impacto de las fallas.

(Domínguez Herrera, 2011)

**Tabla N° 01:** Grado de Severidad

Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

**Fuente:** Domínguez (2011).

7) Determinar el grado de ocurrencia.

Se estima la posibilidad de que se presente la falla, podemos utilizar la siguiente tabla.

**Tabla N° 02:** Grado de Ocurrencia

Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de Falla
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4 5 6	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500 1 en 800 1 en 150
Alta	7 8	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50 1 en 15
Muy Alta	9 10	La falla es casi inevitable	1 en 6 >1 en 3

*Fuente: DomínFuente: Dominguez (2011).*

8) Determinar el grado de detección.

Se estima la posibilidad de detectar la falla antes de que el producto llegue al cliente, podemos utilizar la siguiente tabla (Domínguez Herrera, 2011).

**Tabla N° 03:** Grado de detección.

Probabilidad	Rango	Criterio	Probabilidad de detección de la falla.
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia	99.99%
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.7%
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%

*Fuente: Domínguez (2011).*

9) Calcular el número de prioridad de riesgo.

El NPR nos indica la prioridad con la que se debe evitar cada falla.

$$\text{NPR} = \text{Grado de Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}.$$

Se debe evitar las fallas con NPR elevado, así como aquellas que tengan un alto índice de ocurrencia sin importar si el NPR es bajo o alto.

**Tabla N° 04: Prioridad de NPR**

<b>PRIORIDAD DE NPR</b>	
<b>500 – 1000</b>	Alto riesgo de falla
<b>125 – 499</b>	Riesgo de falla medio
<b>1 – 124</b>	Riesgo de falla bajo
<b>0</b>	No existe riesgo de falla

*Fuente: Domínguez (2011).*

10) Acciones recomendadas.

Según Domínguez (2011), se debe describir las acciones recomendadas, incluyendo al personal responsable de ejecutarlas. Se recomienda las siguientes acciones:

- Se debe eliminar causa de ocurrencia de la falla.  
Mediante modificaciones de diseño o procesos.
- Se debe reducir el impacto de la falla.
- Se debe aumentar la probabilidad de detectar la falla.

11) Después de realizar las acciones recomendadas, se debe recalcular el grado de ocurrencia, la severidad, la probabilidad de detección y el NPR.

12) Siempre que se modifique algún proceso o un producto se deberá actualizar el AMEF.

### 1.3.10. Criticidad de equipos

Dentro de una empresa hay variedad de equipos, pero, no todos tienen la misma importancia. Los más significativos demandan mayor cuidado y mayores trabajos ya que estos son el alma de la empresa. Para prevalecer y encauzar las acciones de mantenimiento, se establecen niveles de criticidad que persigan un esquema determinado. Se puede identificar la criticidad en los equipos, haciendo una clasificación, como la que a continuación se detalla, X, Y y Z, esta clasificación está basada en el acontecimiento de la producción y el nivel de mantenibilidad, de donde tenemos que, los gastos en reparación pueden ser altos al igual que el tiempo usado para reparar la falla, entonces se debe tener otro equipo o maquinaria de las mismas o similares tipologías a la hora que este fallará (Guerra, J. 2014).

### 1.3.11. Indicadores de gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento su objetivo principal es permitir alcanzar los más altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en bien de la producción. Además de los factores principales de mantenimiento, para alcanzar un mantenimiento óptimo, estos deben de estar acompañados de otros factores, los cuales son denominados índices secundarios, estos permiten valorar, examinar y predecir su procedimiento. Los indicadores, nos consentirá calcular de una manera práctica, y basada en gastos, la certeza del mantenimiento (Vásquez, O. 2016).

#### 1.3.11.1. Disponibilidad

Es considerada el primordial parámetro vinculado al mantenimiento, ya que puede mermar la producción total. Lo podemos definir como la posibilidad de que una máquina esté dispuesta para la producción en un lapso determinado, lo que significa que no esté parada por fallas o reparaciones.

$$D = \frac{T_O}{T_O + T_P} \text{ -----(1)}$$

Donde:

- $D$  : Disponibilidad
- $T_O$  : Tiempo total de operación
- $T_P$  : Tiempo total de parada

Estos lapsos jamás permiten paradas planeadas, ya sea por mantenimientos previamente planeados, o por interrupciones en la producción, ya que estas no se presentan por fallas de la máquina.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR} \quad \text{----(2)}$$

Donde:

*D* : Disponibilidad  
*TPEF* : Tiempo promedio entre fallas  
*TPPR* : Tiempo promedio por reparación

### 1.3.11.2. Fiabilidad

Se denomina fiabilidad a la posibilidad que un equipo realice de manera satisfactoria las ocupaciones para lo que fue fabricado, durante el lapso propuesto y sometido a las circunstancias de operación presentadas.

Para un mejor desempeño de los sistemas se debe realizar un análisis de fallas.

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS} \quad \text{-----(3)}$$

Donde:

*TPEF* : Tiempo promedio entre fallas  
*HROP* : Horas de operación  
*NTFALLAS* : Número total de fallas.

### 1.3.11.3. Mantenibilidad

Es la posibilidad de que una máquina parada por falla sea factible su reparación a condiciones establecidas, en un lapso dado, y haciendo uso de recursos determinados, Por lo tanto, la media de tiempos de reparación (TPPR) representa la mantenibilidad del equipo.

$$TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS} \quad \text{-----(4)}$$

Donde:

*TPPR* : Tiempo promedio por reparación  
*TTF* : Tiempo total de fallas  
*NTFALLAS* : Número total de fallas

#### **1.4. Formulación del problema**

¿En qué medida la mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el tiempo total de operación en la empresa Construcción y Administración S.A. incrementará la disponibilidad de la maquinaria pesada?

#### **1.5. Justificación del estudio**

En el aspecto económico este proyecto de investigación permitirá disminuir los costos por mantenimiento correctivo, del mismo modo se obtendrá un mayor control de las maquinarias lo cual nos llevará a una mayor disponibilidad de los mismos, generando así mayores ingresos; los ingresos sumados al ahorro en gastos de mantenimiento nos conducen a pensar que este proyecto será de gran beneficio para la empresa Construcción y Administración S.A.

En el campo técnico la empresa Construcción y Administración S.A, se estará beneficiando con la mejora de su gestión de mantenimiento preventivo, esto le permitirá obtener grandes beneficios lo cual podrá llevar a una filosofía de mejora continua.

En la implicancia practica el proyecto permitirá aplicar la ingeniería para resolver problemas que se presentan en el ámbito empresarial, permitiendo demostrar la capacidad de los egresados de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica para encarar dichos problemas presentando soluciones factibles, del mismo modo contribuir con mi investigación para futuras investigaciones.

En el ámbito medio ambiental con la mejora del plan de mantenimiento se espera reducir el uso excesivo de los derivados del petróleo lo cual implicará un menor impacto ambiental.

## **1.6. Hipótesis**

La mejora del sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el tiempo total de operación en la empresa Construcción y Administración S.A, incrementará la disponibilidad de la maquinaria pesada.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Mejorar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el tiempo total de operación en la empresa Construcción y Administración S.A, para incrementar la disponibilidad de la maquinaria.

### **1.7.1. Objetivos específicos**

- ✓ Evaluar la situación actual de mantenimiento de la maquinaria en la empresa Construcción y Administración S.A. mediante la determinación de los indicadores de gestión del mantenimiento.
  
- ✓ Realizar un análisis de criticidad, para clasificar la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S.A., en críticos, semi-críticos y no críticos.
  
- ✓ Elaborar un programa basado en el tiempo total de operación en la empresa Construcción y Administración S.A. para cada falla inaceptable de los sistemas críticos. Permitiendo estimar los nuevos indicadores de mantenimiento y su contrastación con los iniciales.
  
- ✓ Determinar la reducción de los costos y/o viabilidad económica de la mejora con la puesta en práctica del plan de mantenimiento preventivo y ROI.

## II. MÉTODO

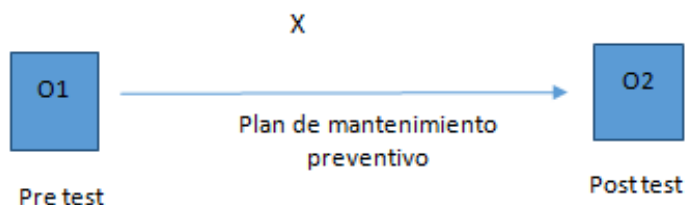
### 2.1. Tipo de estudio.

La investigación es aplicada, puesto que empleamos teoría del mantenimiento preventivo para solucionar la problemática presente en la empresa. También, es un estudio longitudinal, puesto que analizaremos los cambios en el comportamiento de las variables a través del tiempo, realizando controles antes y después de aplicar el programa.

### 2.2. Diseño de la investigación.

Esta investigación es Pre Experimental aplicada, con pre-prueba y post-prueba, ya que incitará la variable independiente y valoraremos su repercusión en la variable dependiente, determinando los tiempos de operaciones, para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S.A.

#### G- O1- X- O2



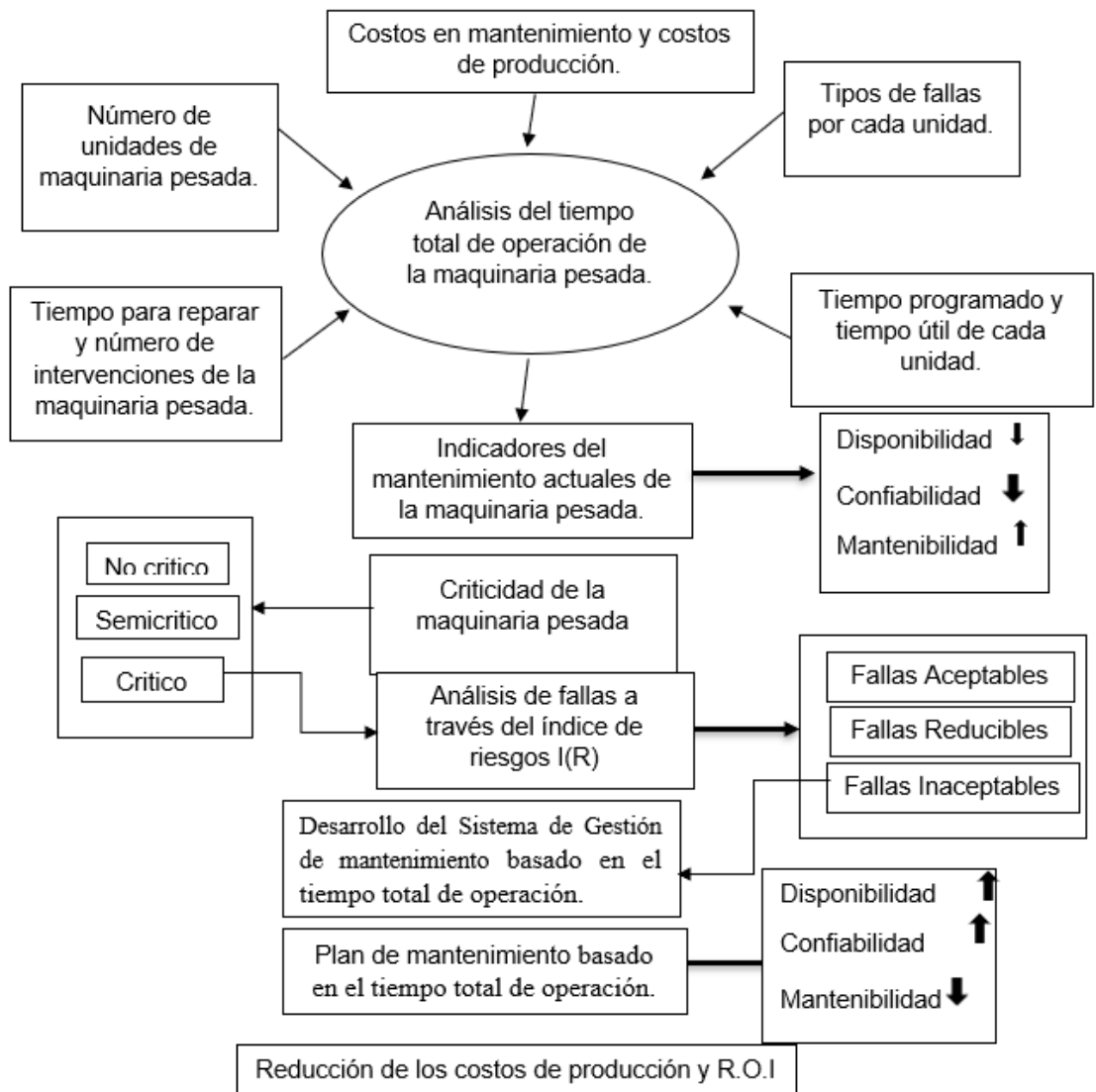
G: Grupo (Empresa Construcción y Administración S.A.)

O1: Disponibilidad de la Empresa Construcción y Administración S.A., antes de la implementación del Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo.

O2: Disponibilidad de la Empresa Construcción y Administración S.A., después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

X: Plan de mantenimiento preventivo





*Figura 2. Diagrama de flujo del diseño de estudio*

## **2.3. Variables y operacionalización.**

### **2.3.1. Identificación de las variables:**

#### **Variable Independiente; Cuantitativa:**

El Tiempo Total de Operación viene dado por el tiempo total que la maquinaria está operando desde puesta en marcha hasta su primera falla presentada menos el tiempo que la maquinaria esta sin operar. (GARCÍA, 2013)

#### **Variable Dependiente; Cuantitativa:**

Disponibilidad, Es la capacidad que posee un activo para estar en funcionando bajo las condiciones requeridas durante un tiempo dado o en un intervalo de tiempo. (SÁNCHEZ, 2002).

### 2.3.2. Operacionalización de las variables:

**Tabla 05:** Variables y Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
Tiempo Total de Operación (independiente)	El tiempo total de operación viene dado por el tiempo total que la maquinaria está operando desde puesta en marcha hasta su primera falla presentada menos el tiempo que la maquinaria esta sin operar.	El tiempo total de operación será medido mediante el Check list y será verificado mediante fichas de observación para medir cada uno de los parámetros.	Tiempo total de operación. Tiempo medio de operación. Tiempo medio entre fallas	Cuantitativa [h] Cuantitativa [h] Cuantitativa [h]
Disponibilidad. (dependiente)	Es la capacidad que posee un activo para estar en funcionando bajo las condiciones requeridas durante un tiempo dado o en un intervalo de tiempo.	La disponibilidad será medida será medida mediante el análisis de los tiempos de operación y fallas.	Disponibilidad. Mantenibilidad. Fiabilidad.	Cuantitativa [%] Cuantitativa [%] Cuantitativa [%]

*Fuente:* Elaboración propia de los autores

#### 2.4. Población y muestra

La población estuvo conformada por las 19 máquinas pertenecientes a la empresa Construcción y Administración S.A., las mismas que serán analizadas en los aspectos más importantes para la investigación, determinando de esta manera, los diferentes datos necesarios que nos permitan evaluar los índices.

La muestra estuvo constituida por 10 unidades de la maquinaria de la empresa Construcción y Administración S.A.

El muestreo fue constituido por las 5 unidades más críticas, de acuerdo al análisis de criticidad realizado.

#### 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la ejecución de la presente tesis, se utilizaron las Técnicas e Instrumentos, que se muestran en la **tabla 06**.

**Tabla 06:** Técnicas e Instrumentos

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Fichas de observación
Análisis documentario	Check list
Encuestas	Cuestionario

*Fuente: Elaboración propia*

- Evaluar la disponibilidad actual la maquinaria pesada. Valerse de documentos e historial de la información la cual nos permita visualizar como la disponibilidad ha ido variando en el tiempo.
- Elaborar un plan de mantenimiento basado en los tiempos de operación de la maquinaria pesada. Para poder realizar este objetivo nos apoyaremos el método estadístico, el cual permitirá determinar cuáles son los tiempos históricos de operación.

- Evaluación continua de las disponibilidades de la maquinaria pesada. Para realizar la evaluación continua de indicadores, se va a usar el formato de registro reglamentario.
- Medir los resultados de la disponibilidad al finalizar la aplicación del estudio. Se usará la documentación actual y la histórica, de este modo se determinará en cuanto se optimizó la disponibilidad.

## 2.6. Métodos de análisis de datos

Para realizar la presente investigación se va a utilizar datos cuantitativos, se van a usar dos tipos de análisis de datos que son:

**Análisis Práctico:** Con este método se va a ordenar y organizar los datos que se recolectaron con la aplicación de las técnicas en la empresa Construcción y Administración S.A., con la información obtenida vamos a elaborar tablas y posteriormente la realización de gráficos que los representen. Vamos a usar pruebas estadísticas para facilitar el trabajo.

**Análisis Inferencial:** La aplicación de este método permitirá describir la situación actual, realizar pronósticos, hacer cotejos y determinar el desenlace de la muestra en estudio, la cual simboliza a la población definida en el periodo dado mediante la aplicación de cálculos probabilísticos.

Para poder atestiguar la hipótesis de la investigación se tendrá en cuenta a las 15 máquinas pesadas de la empresa Construcción y Administración S.A.

### III. RESULTADOS

#### Generalidades de la empresa

Nombre: Construcción y Administración S.A.

Ubicación: Prolongación Grau Mz. 56 Lot. 2

Campamento San Antonio de Cumbaza.

San Martín, San Martín, San Antonio de Cumbaza

Ruc: 20109565017

Gerente General: Ing. Raúl Mejía Ramírez

Teléfono: 993543794

La empresa Construcción y Administración S.A. se dedica al sector construcción. Desde su constitución la empresa asumió el reto de elaborar y construir importantes proyectos en todo el país.

La empresa cuenta con un pool de maquinaria pesada.

Localización:



**Figura 19. Localización CASA**

**3.1. Realizar un análisis de criticidad, para clasificar la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S.A., en críticos, semi-críticos y no críticos.**

**Datos de unidades de la empresa**

En la tabla 08, siguiente, se muestran los datos de las unidades móviles totales de la empresa Construcción y Administración S.A., con sus respectivas etiquetas de columna en las cuales se refiere al estado real de operatividad o inoperatividad, antes del proceso del Plan de Mantenimiento, materia de la presente investigación.

**Tabla 08:** Datos de la empresa

Cuenta de ESTADO	Etiquetas de columna		Total general
	INOPERATIVO	OPERATIVO	
<b>CAMION</b>	<b>1</b>		<b>1</b>
<b>CAMION VOLQUETE</b>		<b>4</b>	<b>4</b>
<b>CAMION VOLQUETE CISTERNA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>CAMIONETA</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>CAMIONETA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>CARGADOR FRONTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>CHANCADORA SECUNDARIA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>COCINA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>COMPRESORA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>EXCAVADORA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>GENERADOR</b>		<b>2</b>	<b>2</b>
<b>MAQUINA DE PINTAR</b>		<b>2</b>	<b>2</b>
<b>MOTOCICLETA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>MOTOSOLDADORA</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>RETROEXCAVADORA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>RODILLO DOBLE ROLA</b>	<b>1</b>		<b>1</b>
<b>RODILLO TANDEM AUTOPROPULSADO</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>SEMIREMOLQUE</b>	<b>3</b>		<b>3</b>
<b>TRACTOR</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
<b>TRIMOVIL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>
<b>VIBROPISONADOR</b>	<b>2</b>		<b>2</b>
<b>Total general</b>	<b>11</b>	<b>26</b>	<b>37</b>

*Fuente: La empresa Construcción y Administración S.A.*

**Tabla 09: Tiempo de Operación de las máquinas**

HORAS MÁQUINA 2018										
MAQUINARIA						TOTAL HORAS TRABAJADAS EN EL MES ENERO 2018	TOTAL HORAS TRABAJADAS EN EL MES FEBRERO 2018	TOTAL HORAS TRABAJADAS EN EL MES MARZO 2018	TOTAL HORAS TRABAJADAS EN EL MES ABRIL 2018	TOTAL HORAS TRABAJADAS EN EL MES MAYO 2018
ITEM	MAQUINA	MARCA	MODELO	SERIE	PLACA					
1	CARGADOR FRONTAL	DOOSAN	DL300	0257	S/P	175.6	23.4	165.3	58.5	5.7
2	EXCAVADORA	DOOSAN	SL340LC-V	2283	S/P	7.1	115.9	23.8	132.9	5
3	RETROEXCAVADORA	CASE	CASE 580M	0186	S/P	144.1	121.2	146.4	85.7	275.9
4	RODILLO BERMERO	WAKER NEUSON	RD12A	3981	S/P	74.3	23.2	4	0	0
5	CAMION VOLQUETE	MERCEDES BENZ	LK 2638/40	0746	D8F-795	31.9	110.2	8.4	48.3	8
6	CAMION VOLQUETE	MERCEDES BENZ	LK 2638/40	0715	D5F-715	99.38	137.5	40.9	63.5	28.7
7	COMPRESORA DE AIRE	ATLAS COPCO	XAS 126	9492	YA3-062451-70629492	4.9	0	0	0	0
8	MOTOSOLDADORA	MILLER	TRAILBLAZER400	0420		11	72.3	0	0	0
9	CAMIONETA DOBLE CABINA	TOYOTA	HILUX	7463	PQP-565	155	80.9	40.12	35	10
10	CAMIONETA DOBLE CABINA	TOYOTA	HILUX	3538	F4B-852	12.11	40.1	76.71	85.06	11.18
11	CAMIONETA	MAHINDRA	PICKUP	0097	AGE-829	118	109.1	27	0	0
12	CAMIONETA	MAHINDRA	PICKUP	0102	MA1PZ4BKLA2B20102	184.8	117.9	68.6	61	32.9
13	CAMIONETA	NISSAN	CONCORD	3323	PGD21423323	324	46.5	41	37	13.6
14	GRUPO ELECTROGENO	MODASA	MP-30	7863	67195-14X04834P	0	29.3	28	0	0
15	CHANCADORA SEGUNDARIA	KUEKEN	CRUSHER MOLISUKE ZV-3			0	0	33	0	0
16	CAMION VOLQUETE	M BENZ	ACTROS 3344	1030	F9W-793		90	24	135	32
17	CAMION VOLQUETE	M BENZ	ACTROS 3344	1292	D8F-795		57.7	38	286	43
18	CAMION VOLQUETE	M BENZ	ACTROS 3344	8309	F9W-790		40	26	70	0
19	TRACTOR	FREIGHTLINER	FLD 120	8559	F2M-718		0	0	0	0
			<b>TOTAL HORAS MAQUINA MENSUAL (2018)</b>			<b>1342.19</b>	<b>1215.2</b>	<b>791.23</b>	<b>1097.96</b>	<b>465.98</b>



**Tabla 10:** Tiempos de operación y cantidad de fallas de la maquinaria

MAQUINA	TIEMPO PARA REPARAR	TIEMPO ENTRE FALLA	Nº DE FALLAS/ AÑO
C.F. Doosan DL300	190	260	20
Excavadora Doosan SL340	150	220	19
Retroexcavadora CASE 580m	132	210	18
Volquete MB LK2638-0746	125	142	18
Volquete MB LK2638-0715	115	137	16
Camioneta Toyota Hilux 3538	95	122	15
Camioneta Mahindra Pickup 132	92	104	14
Camioneta Nissan Concord 3323	84	92	12
Volquete MB Actros 3344/1030	82	90	12
Volquete MB Actros 3344/1292	75	70	10
TOTAL	1140	1447	154

*Fuente: La empresa Construcción y Administración S.A.*

Con los datos obtenidos procedemos a analizar cada máquina.

### 3.1.1. CARGADOR FRONTAL DOOSAN, DL300, S-0257

**Tabla 11:** Fallas C.F. Doosan DL 300, S-0257.

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Puntas de cucharón desgastadas	2	30	S/ 4000.00
Fuga de aceite hidráulico en mandos finales	2	25	S/ 3500.00
Inyectores en mal estado	2	25	S/ 7000.00
Fuga de refrigerante por radiador	2	20	S/ 1000.00
Falla de sistema de A/C	2	25	S/ 4000.00
Rotura de terminales de la batería	3	10	S/ 80.00
Rodaje de alternador en mal estado	2	15	S/ 800.00
Mangueras hidráulicas rotas	3	20	S/ 2000.00
Falla en sistema de filtros	2	20	S/ 1000.00
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>190</b>	<b>S/ 22,580.00</b>

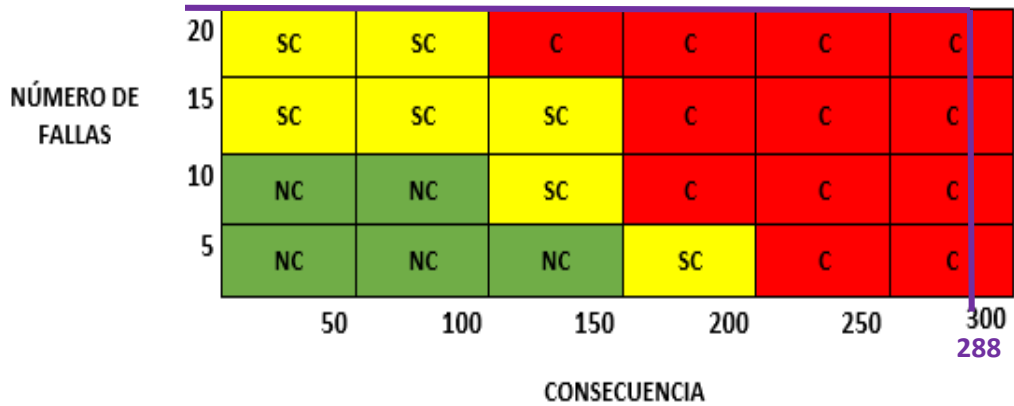
*Fuente: Elaboración propia*

#### **Análisis de criticidad:**

**Tabla 12:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del C.F. Doosan DL 300.

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Cargador Frontal Doosan DL 300
Frecuencia de fallas	3
Impacto operacional	9
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	4
<b>CONSECUENCIA</b>	<b>288</b>
<b>VALOR CRÍTICO</b>	<b>864</b>
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>CRÍTICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 20: Matriz de criticidad del C.F. Doosan DL 300**

En la figura 20, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que el C.F. Doosan DL 300 ES crítico.

### 3.2.2. EXCAVADORA DOOSAN SL340LC-V

**Tabla 13: Fallas de la excavadora Doosan SL340LC-V**

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Fuga de aceite por enfriador de aceite hidráulico	2	20	S/ 3000.00
Alternador no genera correctamente	2	20	S/ 1000.00
Mangueras hidráulicas rotas	5	15	S/ 3000.00
Falla en retenes de pistón hidráulico	2	20	S/ 4000.00
Falla en sistema de inyección	1	20	S/ 3000.00
Falla en sistema de A/C	2	15	S/ 3000.00
Puntas de cucharón desgastadas	3	20	S/ 4000.00
Arrancador en mal estado	2	20	S/ 2000.00
TOTAL	19	150	S/ 23,000.00

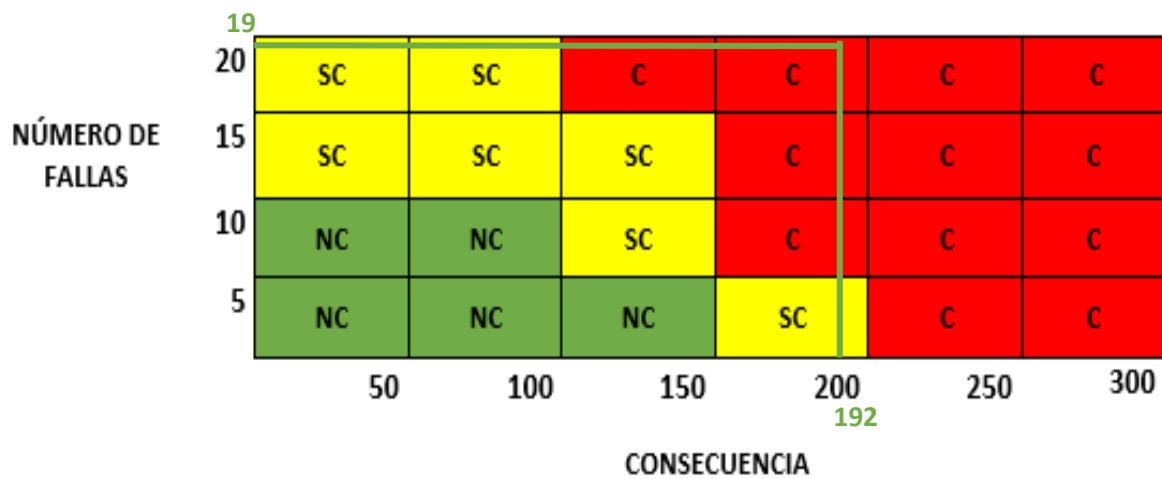
*Fuente: Elaboración propia*

**Análisis de criticidad:**

**Tabla 14:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad de la excavadora Doosan SL340LC-V

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Excavadora Doosan SL340LC-V
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	8
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
CONSECUENCIA	192
VALOR CRÍTICO	384
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 21:** Matriz de criticidad de la excavadora Doosan SL340LC-V

En la figura 21, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que de la excavadora Doosan SL340LC-V es crítica.

### 3.2.3. RETROEXCAVADORA CASE 580M, S-0186

**Tabla 15:** Fallas de la retroexcavadora CASE 580M, S-0186

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Correa de alternador en mal estado	2	20	S/ 3000.00
Válvulas de motor necesitan calibración	2	20	S/ 1000.00
Mangueras hidráulicas rotas	4	15	S/ 3000.00
Falla en retenes de pistón hidráulico	2	20	S/ 4000.00
Falla en sistema de inyección	1	20	S/ 3000.00
Falla en sistema de A/C	2	15	S/ 3000.00
Puntas de cucharón desgastadas	3	20	S/ 4000.00
Arrancador en mal estado	2	20	S/ 2000.00
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>150</b>	<b>S/ 23,000.00</b>

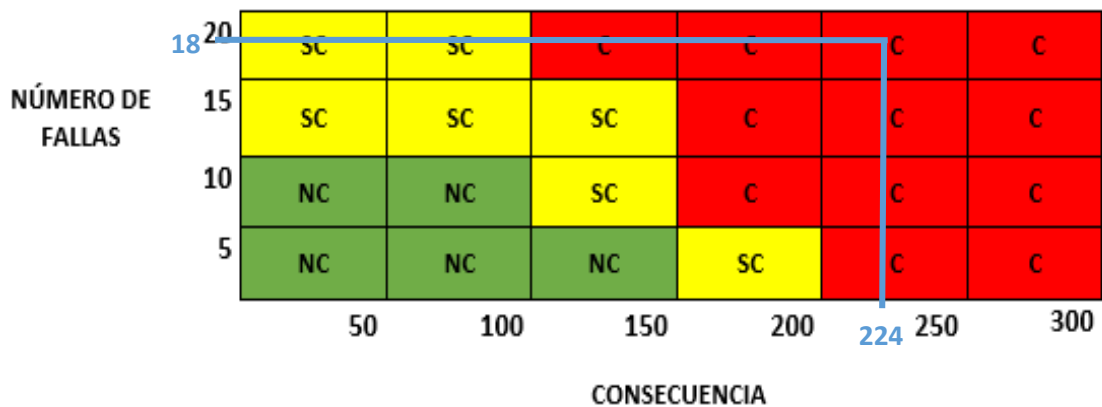
*Fuente: Elaboración propia*

#### Análisis de criticidad

**Tabla 16:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad de la retroexcavadora CASE 580-M

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Retroexcavadora CASE 580-M
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	4
<b>CONSECUENCIA</b>	<b>224</b>
<b>VALOR CRÍTICO</b>	<b>448</b>
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 22: Matriz de criticidad de la retroexcavadora CASE 580-M**

En la figura 22, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que de la retroexcavadora CASE 580-M es crítica.

### 3.2.4. CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ LK 2638/40 0746

**Tabla 17: Fallas del Camión volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746**

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Crucetas en mal estado	2	20	S/ 400.00
Rotura de terminales de la batería	2	7	S/ 80.00
Terminales de dirección en mal estado	1	9	S/ 600.00
Bujes de barra estabilizadora rotos	1	11	S/ 1500.00
Desgaste de zapatas de frenos	2	13	S/ 3500.00
Retenes de rueda en mal estado	2	19	S/ 2500.00
Hoja de muelles quebradas	4	15	S/ 3000.00
Fuga de aceite hidráulico por pistón de tolva	1	24	S/ 2500.00
Fugas de aire en sistema neumático	3	7	S/ 300.00
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>125</b>	<b>S/ 14,380.00</b>

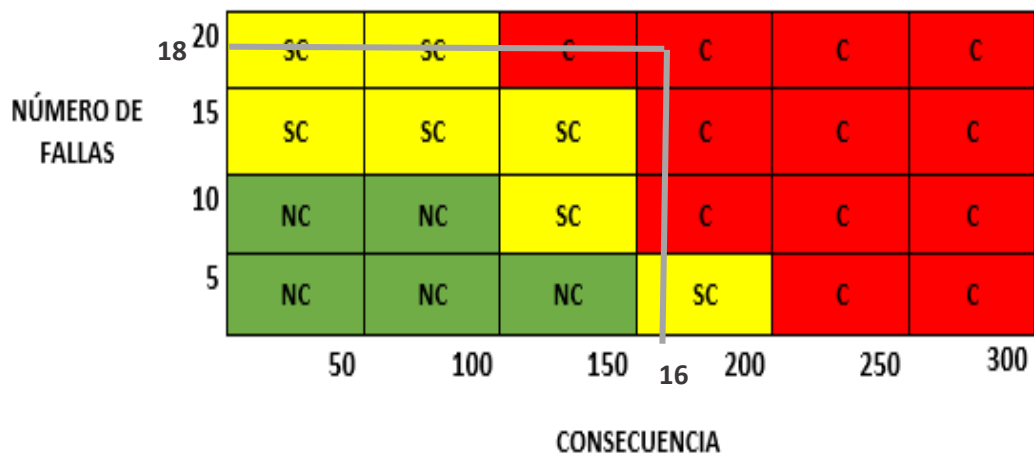
*Fuente: Elaboración propia*

## Análisis de criticidad

**Tabla 18:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del Camión volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	C.Volquete M.Benz LK2638/40 0746
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
CONSECUENCIA	168
VALOR CRÍTICO	336
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 23:** Matriz de criticidad del Camión volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746

En la figura 23, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que el Camión volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746 es crítico.

### 3.2.5. CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ LK 2638/40 0715

**Tabla 19:** Fallas del camión volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Crucetas en mal estado	2	12	S/ 400.00
Rotura de terminales de la batería	2	3	S/ 80.00
Terminales de dirección en mal estado	1	15	S/ 600.00
Bujes de barra estabilizadora rotos	1	12	S/ 1500.00
Desgaste de zapatas de frenos	2	24	S/ 3500.00
Retenes de rueda en mal estado	1	24	S/ 2000.00
Hoja de muelles quebradas	1	20	S/ 1000.00
Fugas de aire	2	5	S/ 250.00
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>115</b>	<b>S/ 9,330.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

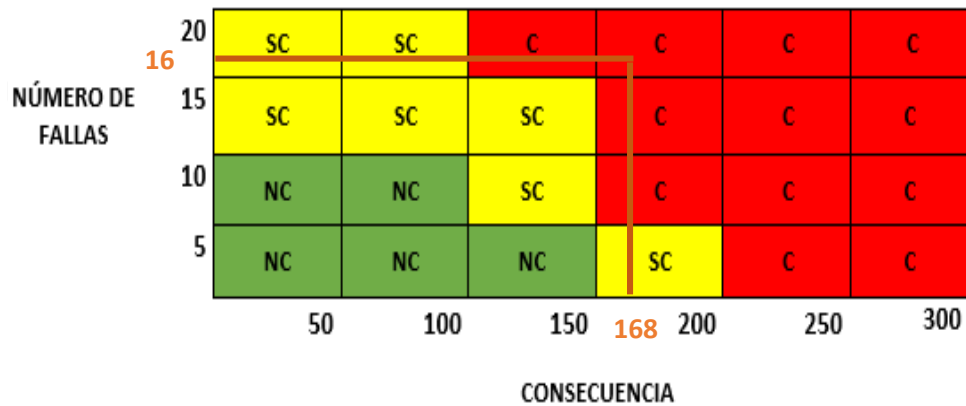
#### Análisis de criticidad

**Tabla 20:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del camión volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	C.Volquete M.Benz LK 2638/40 0715
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
<b>CONSECUENCIA</b>	<b>168</b>
<b>VALOR CRÍTICO</b>	<b>336</b>
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*





**Figura 24: Matriz de criticidad del volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715**

En la figura 24, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad, donde se verifica que el camión volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715 es crítico.

### 3.2.6. CAMIONETA DOBLE CABINA TOYOTA HILUX 3538 F4B-852

**Tabla 21: Fallas de la camioneta doble cabina Toyota Hilux 3538 F4B-852**

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Elementos de frenos desgastados	3	16	S/ 1000.00
Reemplazo de faja de distribución	1	8	S/ 1500.00
Rodajes de rueda en mal estado	2	22	S/ 1500.00
Radiador presenta fuga	3	12	S/ 400.00
Falla en sistema de A/C	1	12	S/ 500.00
Crucetas en mal estado	3	10	S/ 400.00
Guarda polvos de palier rotos	2	15	S/ 600.00
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>95</b>	<b>S/ 5,900.00</b>

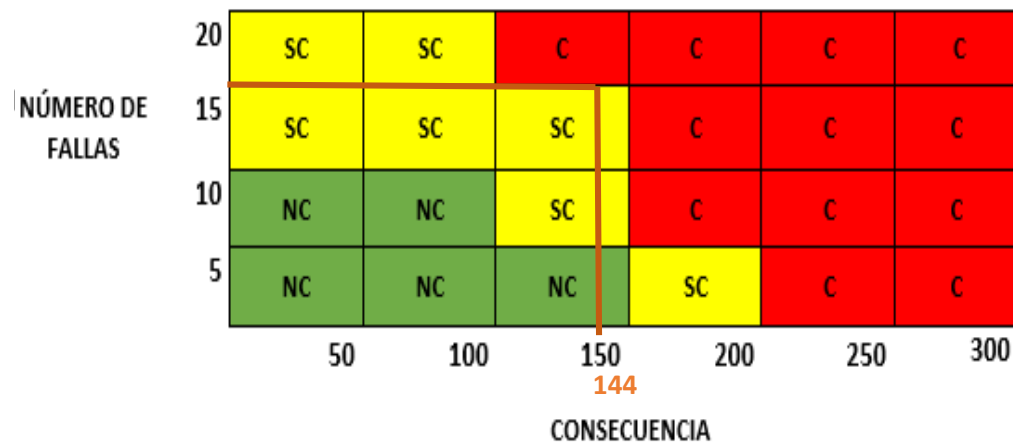
*Fuente: Elaboración propia*

## Análisis de criticidad

**Tabla 22:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad de la camioneta doble cabina Toyota Hilux 3538 F4B-852

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Camioneta doble cabina Toyota Hilux 3538 F4B- 852
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	6
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
CONSECUENCIA	144
VALOR CRÍTICO	288
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>SEMI CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 251:** Matriz de criticidad de la camioneta doble cabina Toyota Hilux 3538 F4B-852

En la figura 25, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que la camioneta doble cabina Toyota Hilux 3538 F4B-852 es Semi crítica.

### 1.1.7. CAMIONETA MAHINDRA PICKUP 0102

**Tabla 23:** Fallas de la camioneta Mahindra Pick up 0102

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Elementos de frenos desgastados	2	12	S/ 1000.00
Reemplazo de kit de distribución	1	6	S/ 1500.00
Rodajes de rueda en mal estado	1	12	S/ 1500.00
Radiador presenta fuga	2	9	S/ 400.00
Falla en sistema de A/C	1	9	S/ 500.00
Crucetas en mal estado	3	12	S/ 400.00
Guarda polvos de palier rotos	3	15	S/ 600.00
Empaque de culata en mal estado	1	17	S/ 1500.00
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>92</b>	<b>S/ 7,400.00</b>

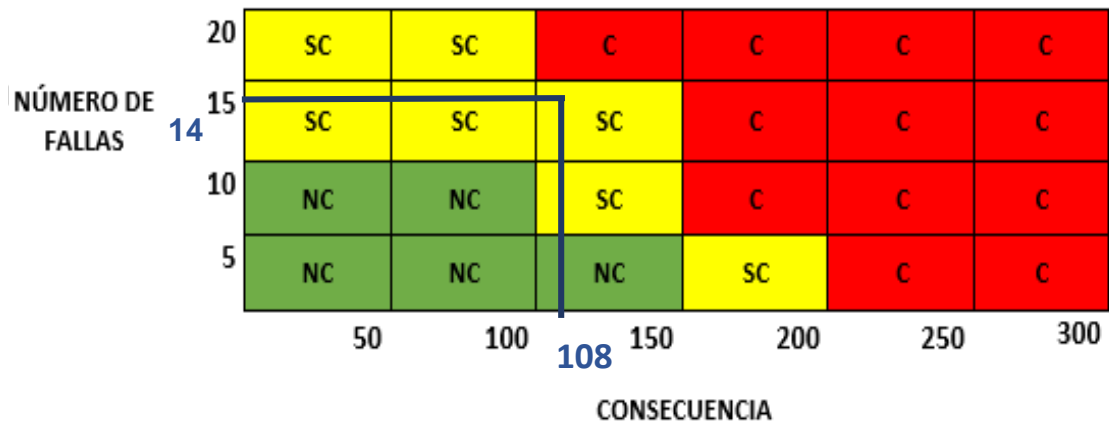
*Elaboración propia*

#### Análisis de criticidad

**Tabla 24:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad de la camioneta Mahindra Pick up 0102.

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Camioneta Mahindra Pick up 0102
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	6
Flexibilidad operacional	3
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
CONSECUENCIA	108
VALOR CRÍTICO	216
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>SEMI CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 26: Matriz de criticidad de la camioneta Mahindra Pick up 0102**

En la figura 26, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que la camioneta Mahindra Pick up 0102 es Semi crítica.

### 1.1.8. CAMIONETA NISSAN CONCORD 3323

**Tabla 251: Fallas de la camioneta Nissan Concord 3323**

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Desgaste de bujes de suspensión	3	16	S/ 1500.00
Rotura de correa del alternador	1	4	S/ 400.00
Desgaste de pastillas de frenos	2	10	S/ 1000.00
Kit de embrague en mal estado	1	17	S/ 3000.00
Rodamientos de ruedas desgastados	1	12	S/1500.00
Fugas en el líquido de dirección	2	10	S/450.00
Crucetas en mal estado	3	15	S/660.00
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>84</b>	<b>S/8,510.00</b>

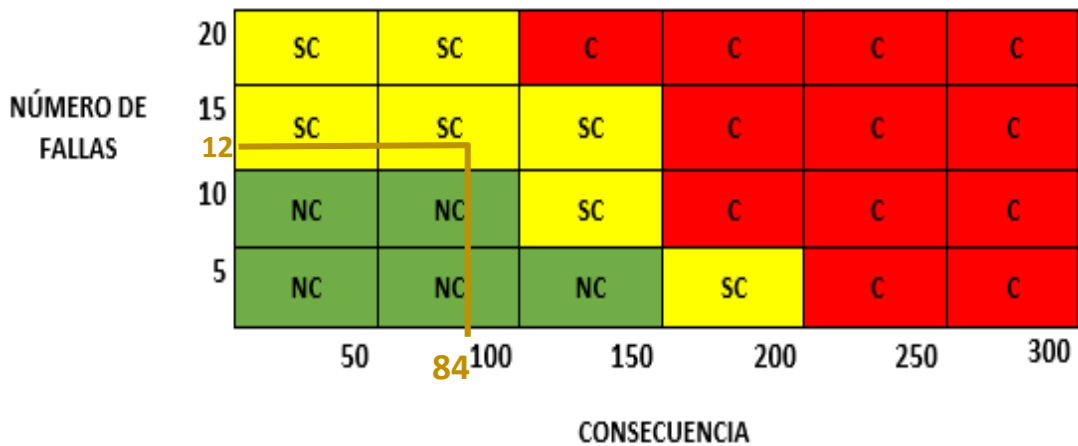
*Fuente: Elaboración propia*

## Análisis de criticidad

**Tabla 26:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad de la camioneta Nissan Concord 3323.

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Camioneta Nissan Concord 3323
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	4
Costos de mantenimiento	1
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
CONSECUENCIA	84
VALOR CRÍTICO	168
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>SEMI CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 27:** Matriz de criticidad de la camioneta Nissan Concord 3323

En la figura 27, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que la camioneta Nissan Concord 3323 es Semi crítica.

### 1.1.9. CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ ACTROS 3344-1030

**Tabla 27:** Fallas del camión volquete Mercedes Benz Actros 3344-1030

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Crucetas en mal estado	2	15	S/ 600.00
Rotura de terminales de la batería	2	8	S/ 60.00
Terminales de dirección en mal estado	1	8	S/ 1500.00
Bujes de barra estabilizadora rotos	2	8	S/ 2000.00
Desgaste de zapatas de frenos	1	15	S/ 2500.00
Retenes de rueda en mal estado	1	12	S/ 800.00
Hoja de muelles quebradas	3	7	S/ 2600.00
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>82</b>	<b>S/10,060.00</b>

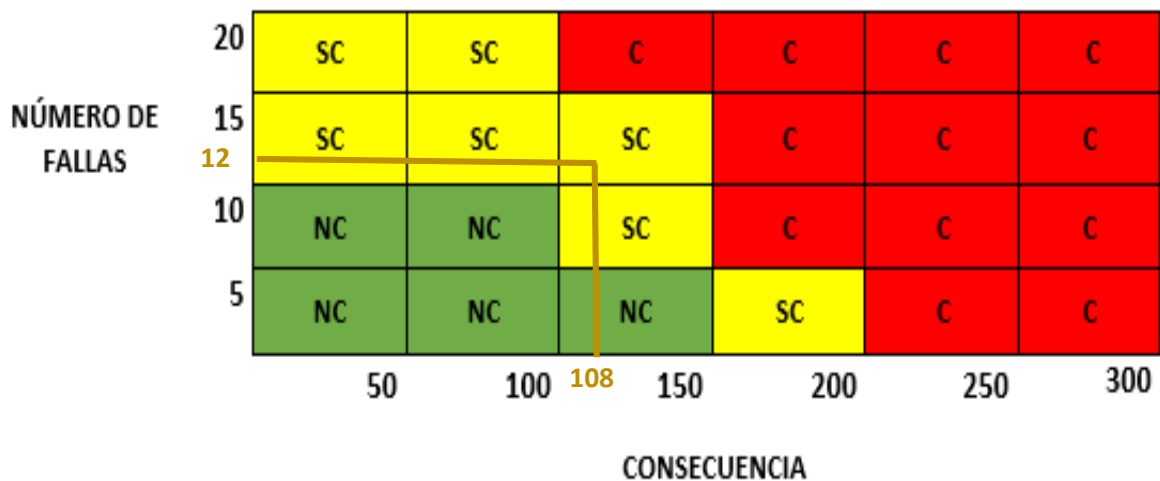
*Fuente: Elaboración propia*

#### Análisis de criticidad

**Tabla 28:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del camión volquete Mercedes Benz Actros 3344-1030.

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	C.Volquete M.Benz Actros 3344- 1030
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	6
Flexibilidad operacional	3
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	3
<b>CONSECUENCIA</b>	<b>108</b>
<b>VALOR CRÍTICO</b>	<b>216</b>
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>SEMI CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 282: Matriz de criticidad del camión volquete Mercedes Benz Actros 3344-1030**

En la figura 28, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se identifica que camión volquete Mercedes Benz Actros 3344-1030 es semi-crítico.

#### 1.1.10 CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ ACTROS 3344-1292

**Tabla 29:** Fallas del camión volquete M. Benz Actros 3344-1292

Descripción de la falla	Frecuencia (Vez/ Año)	TPR (Hrs/Año)	COSTO/FACT.
Crucetas en mal estado	2	12	S/ 600.00
Rotura de terminales de la batería	2	2	S/ 60.00
Terminales de dirección en mal estado	1	11	S/ 1500.00
Bujes de barra estabilizadora rotos	1	9	S/ 2000.00
Desgaste de zapatas de frenos	1	15	S/ 2500.00
Retenes de rueda en mal estado	1	12	S/ 800.00
Hoja de muelles quebradas	2	7	S/ 2000.00
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>75</b>	<b>S/ 9,460.00</b>

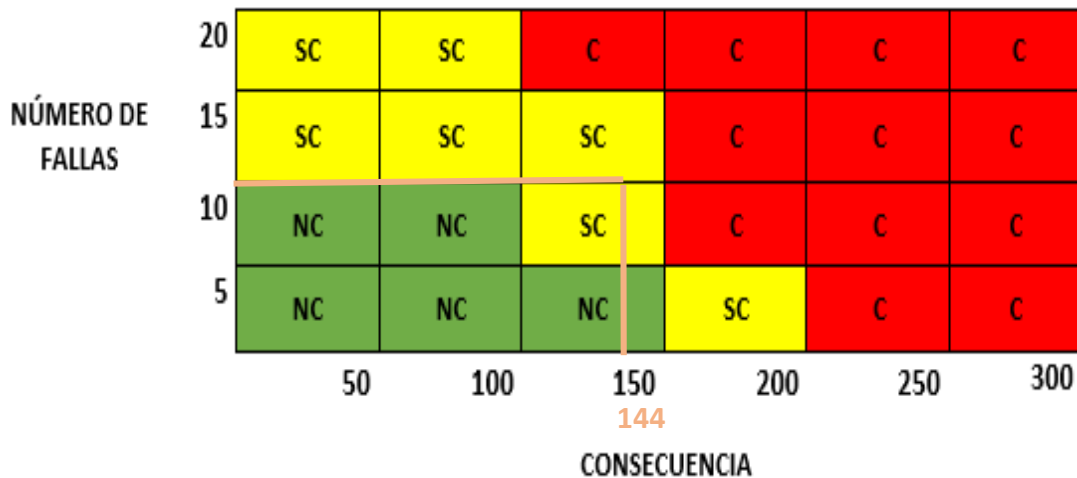
*Fuente: Elaboración propia*

## Análisis de criticidad

**Tabla 30:** Consecuencia, valor crítico y tipo de criticidad del camión volquete M. Benz Actros 3344-1292

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS	Camión volquete M.Benz Actros 3344-1292
Frecuencia de fallas	2
Impacto operacional	6
Flexibilidad operacional	3
Costos de mantenimiento	2
Impacto de seguridad y medio ambiente	4
CONSECUENCIA	144
VALOR CRÍTICO	288
<b>TIPO DE CRITICIDAD</b>	<b>SEMI CRITICO</b>

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 283:** Matriz de criticidad del camión volquete M. Benz Actros 3344-1292

En la figura 28, se muestra la clasificación, según el tipo de criticidad. Donde se muestra que el camión volquete M. Benz Actros 3344-1292 es Semi crítico.



En la tabla 31, se muestran los resultados del análisis de criticidad realizado a la maquinaria de la empresa.

**Tabla 31:** Valores críticos de la maquinaria

MÁQUINAS	VALOR CRÍTICO	CLASIFICACIÓN
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	864	CRÍTICO
Excavadora Doosan SL340LC-V	384	CRÍTICO
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	448	CRÍTICO
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	336	CRÍTICO
Volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715	336	CRÍTICO
Camioneta Toyota Hilux 3538 F4B-852	288	SEMI CRÍTICO
Camioneta Mahindra Pick up 0102	216	SEMI CRÍTICO
Camioneta Nissan Concord 3323	168	SEMI CRÍTICO
Camión volquete M. Benz Actros 3344-1030	216	SEMI CRÍTICO
Camión volquete M. Benz Actros 3344-1292	288	SEMI CRÍTICO

*Fuente: Elaboración propia*

De este modo las fallas de las máquinas se representan en la tabla 32, las cuáles serán evaluadas mediante la metodología de Tiempo Total de Operación (TTO).

**Tabla 32:** Fallas críticas de las máquinas.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE FALLA
F1	Puntas de cucharón desgastadas
F2	Fuga de aceite hidráulico en mandos finales
F3	Inyectores en mal estado
F4	Fuga de refrigerante por radiador
F5	Falla en sistema de A/C
F6	Rotura de terminales de la batería
F7	Rodaje de alternador en mal estado
F8	Mangueras hidráulicas rotas
F9	Falla en sistema de filtros
F10	Fuga de aceite por enfriador de aceite hidráulico
F11	Alternador no genera correctamente
F12	Puntas de cucharón desgastadas
F13	Arrancador en mal estado
F14	Correa de alternador en mal estado
F15	Válvulas de motor necesitan calibración
F16	Falla en retenes de pistón hidráulico
F17	Falla en sistema de inyección
F18	Crucetas en mal estado
F19	Terminales de dirección en mal estado
F20	Bujes de barra estabilizadora rotos
F21	Desgaste de zapatas de frenos
F22	Retenes de rueda en mal estado
F23	Hojas de muelles quebradas
F24	Fuga de aire en sistema neumático

*Fuente: Elaboración propia*

**3.2. Elaborar un programa basado en el tiempo total de operación en la empresa Construcción y Administración S.A. para cada falla inaceptable de los sistemas críticos. Permitiendo estimar los nuevos indicadores de mantenimiento y su contrastación con los iniciales.**

De acuerdo al análisis de criticidad, se ha determinado que son 5 los equipos o máquinas críticas, sobre los cuales elaboraremos nuestro programa:

El plan de mantenimiento preventivo se realizó en un periodo de 5 meses (enero - mayo) dando como resultados:

**Tabla 33:** Evaluación posterior Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257

Falla	Frecuencia /Meses
Puntas de cucharón desgastadas	1
Fuga de aceite hidráulico en mandos finales	0
Inyectores en mal estado	0
Fuga de refrigerante por radiador	0
Falla en sistema de A/C	1
Rotura de terminales de batería	0
Rodaje de alternador en mal estado	1
Mangueras hidráulicas rotas	1
Falla en sistema de filtros	0
TOTAL	4

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 34:** Evaluación posterior Excavadora Doosan SL340LC-V

Falla	Frecuencia /Meses
Fuga de aceite por enfriador de aceite hidráulico	0
Alternador no genera correctamente	1
Mangueras hidráulicas rotas	1
Falla en retenes de pistón hidráulico	0
Falla en sistema de inyección	0
Falla en sistema de A/C	1
Puntas de cucharón desgastadas	0
Arrancador en mal estado	0
TOTAL	3

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 35:** Evaluación posterior Retroexcavadora CASE 580M

Falla	Frecuencia /Meses
Correa de alternador en mal estado	1
Válvulas de motor necesitan calibración	0
Mangueras hidráulicas rotas	0
Falla en retenes de pistón hidráulico	0
Falla en sistema de inyección	0
Falla en sistema de A/C	1
Puntas de cucharón desgastadas	0
Arrancador en mal estado	0
TOTAL	2

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 36:** Evaluación posterior Volquete M.Benz LK2638/40 0746

Falla	Frecuencia /Meses
Crucetas en mal estado	1
Rotura de terminales de la batería	0
Terminales de dirección en mal estado	0
Bujes de barra estabilizadora rotos	0
Desgaste de zapatas de frenos	0
Retenes de rueda en mal estado	0
Hojas de muelles quebradas	1
Fuga de aceite hidráulico por pistón de tolva	0
Fugas de aire en sistema neumático	0
TOTAL	2

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 37:** Evaluación posterior Volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715

Falla	Frecuencia /Meses
Crucetas en mal estado	0
Rotura de terminales de batería	0
Terminales de dirección en mal estado	0
Bujes de barra estabilizadora rotos	0
Desgaste de zapata de frenos	0
Retenes de rueda en mal estado	0
Hoja de muelles quebradas	1
Fugas de aire	0
TOTAL	1

*Fuente: Elaboración propia*

Realizadas las evaluaciones y, habida cuenta que antes del plan se realizaron durante el año 2018, para este año no bastaba con los datos obtenidos los 5 meses, por ello que se recurre a proyectar las fallas y tiempos para el año 2019. Las proyecciones se realizaron en base al índice de prioridad de riesgos (NPR); trabajando con el 48% de las fallas que aún faltaban resolver.

**Tabla 38:** Resumen del NPR

<b>Inaceptable</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Reducción deseable</b>
13	6	6
52%	24%	24%

*Fuente: Elaboración propia*

**Podemos manifestar que, del cuadro precedente se tiene que: 13 de las fallas son inaceptables (52%), 6 de las fallas son reducibles (24%) y 6 de las fallas son aceptables (24%).**

Para realizar la proyección se hizo uso de las fallas y tiempos del año pasado de las cinco máquinas que presentaban estado crítico. Así como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 39:** Fallas y tiempos Año 2018

MÁQUINA	TIEMPO PARA REPARAR	TIEMPO ENTRE FALLA	N° DE FALLAS/ AÑO 2018	COSTOS POR REPARACIONES
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	190	260	20	S/ 22,580.00
Excavadora Doosan SL340LC-V	150	220	19	S/ 23,000.00
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	132	210	18	S/ 23,000.00
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	125	142	18	S/ 14,380.00
Volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715	115	137	16	S/ 9,330.00
<b>TOTAL</b>	<b>712</b>	<b>969</b>	<b>91</b>	<b>S/ 92,290.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**En la tabla 39 se muestra el tiempo para reparar, tiempo entre fallas, cantidad de fallas y los costos por reparaciones de las 05 máquinas que se evaluaron en el año 2018, arrojando un monto total ascendente a S/. 92,290.00.**

**Tabla 40:** Fallas y tiempos proyectados Año 2019

MAQUINA	TIEMPO PARA REPARAR	TIEMPO ENTRE FALLA	N° DE FALLAS/ AÑO 2019	COSTOS POR REPARACIONES
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	91.2	358.8	10	S/ 10,000.00
Excavadora Doosan SL340LC-V	72	298	9	S/ 10,500.00
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	63.36	278.64	9	S/ 12,000.00
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	60	207	9	S/ 7,000.00
Volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715	55.2	196.8	8	S/ 6,500.00
TOTAL	341.76	1339.24	44	<b>S/ 46,000.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**En la tabla 40 se muestra el tiempo para reparar, tiempo entre fallas, cantidad de fallas y los costos por reparaciones de las 05 máquinas críticas, cabe señalar que los cálculos se realizaron con el 48% del índice de prioridad de riesgos (NPR)**



Comparación de indicadores de los años 2018- 2019

**Tabla 41:** Resumen de indicadores de mantenimiento Año 2018

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL	TPPR	TPEF	DISPONIBILIDAD	TASA DE FALLAS	CONFIABILIDAD	TASA DE REPARACIONES	MANTENIBILIDAD
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	450	9.50	13.00	57.78%	0.07692	70.74%	0.10526	37.73%
Excavadora Doosan SL340LC-V	370	7.89	11.58	59.46%	0.08636	72.65%	0.12667	37.42%
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	342	7.33	11.67	61.40%	0.08571	74.59%	0.13636	37.27%
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	267	6.94	7.89	53.18%	0.12676	71.29%	0.14400	31.92%
Volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715	252	7.19	8.56	54.37%	0.11679	74.50%	0.13913	29.57%

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 41 nos muestra el resumen de los indicadores de mantenimiento de las 05 máquinas evaluadas en el año 2018.

**Tabla 42:** Resumen de indicadores de mantenimiento Año 2019

MÁQUINAS	TIEMPO TOTAL	TPPR	TPEF	DISPONIBILIDAD	TASA DE FALLAS	CONFIABILIDAD	TASA DE REPARACIONES	MANTENIBILIDAD
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	450	9.50	37.38	79.73%	0.02676	88.66%	0.10526	37.73%
Excavadora Doosan SL340LC-V	370	7.50	32.68	81.33%	0.03060	89.29%	0.13333	38.94%
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	342	7.54	32.25	81.05%	0.03101	89.94%	0.13263	36.47%
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	267	7.14	23.96	77.04%	0.04174	89.45%	0.14006	31.20%
Volquete Mercedes Benz LK 2638/40 0715	252	7.67	25.63	76.96%	0.03902	90.63%	0.13038	28.00%

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 42 nos muestra el resumen de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de cada una de las 05 máquinas críticas proyectados en el año 2019.

**Tabla 43:** Costos por mantenimiento preventivo de las máquinas.

PREVENCIÓN	
MÁQUINA	COSTOS POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO S/
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	S/ 2,200.00
Excavadora Doosan SL340LC-V	S/ 2,200.00
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	S/ 2,500.00
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	S/ 2,000.00
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0715	S/ 2,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 10,900.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 43 se muestran los totales de los costos por mantenimiento preventivo que se determinaron para cada una de las 05 unidades. Monto total S/ 10,900.00.

**Tabla 44:** Resumen de los costos año 2018-2019

MÁQUINAS	TPR (Hrs/año) ANTES	TPR (Hrs/año) DESPUÉS	AHORRO EN HORAS PERDIDAS (Hrs/año)	COSTOS DE REPARACIÓN (N.S/año -2017)	COSTOS DE REPARACIÓN (N.S/año-2018)	AHORRO (N.S/año)
Cargador Frontal Doosan DL 300, S-0257	190	91	99	S/ 22,580.00	S/ 10,000.00	S/ 12,580.00
Excavadora Doosan SL340LC-V	150	72	78	S/ 23,000.00	S/ 10,500.00	S/ 12,500.00
Retroexcavadora CASE 580M, S-0186	132	63	69	S/ 23,000.00	S/ 12,000.00	S/ 11,000.00
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0746	125	60	65	S/ 14,380.00	S/ 7,000.00	S/ 7,380.00
Volquete Mercedes Benz LK2638/40 0715	115	55	60	S/ 9,330.00	S/ 6,500.00	S/ 2,830.00
PAGO PLANILLA AÑO 2018 POR HORAS NO TRABAJADAS				S/ 3,560.00	0	0
COSTO DE POR MANTENIMIENTO PREVENTIVO					S/ 10,900.00	
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 95,850.00</b>	<b>S/ 56,900.00</b>	<b>S/ 38,950.00</b>

*Fuente: Elaboración propia con datos de Empresa*

En la tabla 44 se puede diferenciar el antes y después de los tiempos por reparación, costos de las unidades; así como el ahorro. Se incluye también, pago de planilla de las horas no trabajadas en el 2018; dando un costo total de S/ 95,850.00 mientras que para el año 2019 se estima que el costo será de S/. 56,850.00, ya que se suma los costos por mantenimiento preventivo.

El beneficio económico en ahorro por reducción de fallas es:

$$B_{\text{ahorro fallos}} = S/. 38,950.00 \frac{N.S}{\text{año}}$$

**Tabla 45:** Costos totales de los años 2018-2019

	Año 2018	Año 2019
GASTO POR NATURALEZA (REPARACIONES)	S/. 95,850.00	S/. 56,900.00
PLANILLAS PARA TODO EL AÑO	S/. 74,400.00	S/. 74,400.00
COSTO TOTAL AÑO	S/. 170,250.00	S/. 131,330.00
		S/. 38,920.00

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 40 se observa los costos totales generados en el 2018 y 2019, los cuales representan: S/ 170,250.00 y S/ 131,330.00, para cada año, respectivamente; se verifica también que hay un ahorro de S/. 38,920.00

### 3.3. Determinar la reducción de los costos y/o viabilidad económica de la mejora con la puesta en práctica del plan de mantenimiento preventivo y ROI.

Para realizar los cálculos de reducción de costos y viabilidad económica, se tomaron los datos de los estados financieros y estados de resultados de la empresa del año 2018. Con estos resultados, se determinaron las ratios de la rentabilidad (Roa, Roe, y Roi).

- Retorno sobre activos (ROA):

$$ROA = \frac{\text{Utilidad después de impuestos}}{\text{Activos totales}}$$

$$ROA = \frac{S/. 32,846.37}{S/.926,263.28}$$

$$ROA = 4\%$$

Interpretación: Con respecto a los activos totales, el beneficio correspondió a un 4%, es decir por cada sol invertido en activos totales genera 4 centavos de utilidad neta.

- Retorno sobre patrimonio (ROE):

$$ROE = \frac{\text{Utilidad después de impuestos}}{\text{Patrimonio}}$$

$$ROE = \frac{S/. 32,846.37}{S/.341,527.37}$$

$$ROE = 10\%$$

Interpretación: Se verifica que el retorno sobre el patrimonio es del 10%, al ser mayor que el valor del ROA se puede decir que es positivo para la empresa.

- Retorno sobre inversión (ROI):

$$ROI = \frac{\text{Utilidad antes de impuestos}}{\text{Activos totales}}$$

$$ROI = \frac{S/. 25,363.99}{S/.926,263.28}$$

$$ROI = 3\%$$

Interpretación: En este caso, el retorno sobre la inversión es del 3% lo que quiere decir que por cada sol invertido se gana 3 soles.

- Ratios de rentabilidad para el año 2019, para obtener los resultados se hizo uso de los estados financieros y estados de resultados proyectados.

- Retorno sobre activos (ROA):

$$ROA = \frac{\text{Utilidad después de impuestos}}{\text{Activos totales}}$$

$$ROA = \frac{S/. 47,710.09}{S/.926,263.28}$$

$$ROA = 5\%$$

Interpretación: Con respecto a los activos totales, las ventas correspondieron a un 5%, es decir por cada sol invertido en activos totales genera 5 centavos de utilidad neta.

- Retorno sobre patrimonio (ROE):

$$ROE = \frac{\text{Utilidad después de impuestos}}{\text{Patrimonio}}$$

$$ROE = \frac{S/. 47,710.09}{S/.341,527.37}$$

$$ROE = 14\%$$

Interpretación: Se verifica que el retorno sobre el patrimonio es del 14%; al ser mayor que el valor del ROA se puede decir que es positivo para la empresa.

-Retorno sobre inversión (ROI):

$$ROI = \frac{\text{Utilidad antes de impuestos}}{\text{Activos totales}}$$

$$ROI = \frac{S/. 36,841.77}{S/.926,263.28}$$

$$ROI = 4\%$$

Interpretación: Se verifica que, el retorno sobre la inversión es del 4%, lo que quiere decir que por cada sol invertido se gana 4 soles.



#### **IV. DISCUSIONES**

En la investigación de Díaz (2014), referente al Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Equipos Técnicos de Colombia ETECOL SAS, se han diseñado formatos de tarjeta maestra para los equipos y rutinas de mantenimiento en base a análisis de horas de operación de los equipos, logrando la elaboración de un programa sistematizado de mantenimiento preventivo; en contrastación con nuestra investigación donde utilizamos técnicas de observación, análisis documental y encuestas para evaluar disponibilidad de la maquinaria pesada, existen procedimientos similares sobre todo en el análisis de tiempos; pero al medir los resultados, en nuestro tema se realiza en dos escenarios, antes y después utilizando documentación histórica y actual para optimizar la disponibilidad.

En forma similar, Allali (2016) en su investigación denominada Propuesta de un Plan de Mantenimiento para la flota vehicular MEGALOG, establece un programa de mantenimiento, como herramienta clave que se debe seguir estrictamente, realizando los procedimientos y recomendaciones del fabricante cuyo costo representa 41955 euros; en contrastación con nuestra investigación, establecemos que una propuesta no es tipificada como tesis ya que no involucra investigación importante, sino únicamente como se dice en este tema, es un seguimiento y realización de un programa. Nuestra investigación va más allá de una programación, porque establecemos evaluación actual, análisis de criticidad de equipos, indicadores de mantenimiento, costos de mantenimiento y planificación general, en la cual obtenemos tasas de fallas, tasas de reparaciones, factores de mantenibilidad y costos, llegando a determinar entre condiciones iniciales y en mejora un ahorro de S/ 38,950.00 (beneficio económico).

También Guerra (2014) en su tesis denominada Plan de Lubricación para mejorar la disponibilidad de la maquinaria utilizada en mantenimiento de carreteras en la empresa ICCGSA, concluye con la verificación del aumento de disponibilidad de los equipos en un 24.6% respecto a sus condiciones iniciales, la cual era de 67.3%, todo ello gracias a la implementación de hojas de cotejo como instrumento de evaluación y recolección de muestras. Este aporte de la tesis referida ha sido bastante referencial en la comparación con nuestra investigación, pues el promedio de disponibilidad del año 2018 fue de 57.24%, frente a un incremento con la implementación del Plan de Mantenimiento, del 22% en el año 2019, proyectado; vale decir que la disponibilidad promedio 2019, será del 79.22%.

Respecto a la investigación realizada por Tuesta (2014), denominada Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados en la empresa OBRAINSA, se ha tomado como aporte principal el uso de técnicas de recolección de datos, entrevistas a personal y funcionarios, a fin de poder cuantificar la disponibilidad de los equipos, antes y después del Plan, los mismos que se desprendían de la evaluación del MTTF: antes con 23.23; después, con 38.57. Contrastando con nuestra investigación, nuestras cifras del pre indicador de disponibilidad, denominado MTTF, representa: 18.47 al inicio, vs. 38.34 en el año 2019, cifras más indicativas que el antecedente.

Finalmente, contrastando nuestros resultados con los incluidos en la investigación de Vásquez (2016) denominada Sistemas de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L. Trujillo, en la cual logra aumentar el tiempo promedio entre fallas a 28.27 y la disponibilidad de toda la maquinaria en un rango de 84.80% á 96.92% (mejoramiento del 12.12%); nuestros resultados compatibles son del orden de 38.34 el tiempo promedio entre fallas, y la disponibilidad de toda la maquinaria varía en un rango de 57.24 a 79.22 (mejoramiento del 22%).

## **V. CONCLUSIONES**

De acuerdo a la evaluación del sistema actual de mantenimiento de la maquinaria pesada en la empresa Construcción y Administración S.A., se determinó que: No existe un Plan de Mantenimiento definido, no tiene inventario de repuestos, suministros ni accesorios, no tiene información adecuada de repuestos, no se realiza planificación por paralización de maquinaria, tampoco se tienen recursos y herramientas para Mantenimiento, se realiza muy poco mantenimiento apropiado con los recursos que se tiene, no se lleva un control de mantenimiento apropiado, no se realizan capacitaciones en Mantenimiento, la periodicidad de mantenimiento es muy amplia (anual en mayor proporción y semestral en menor proporción), existe personal de mantenimiento, pero también tercerizan en razón de un 43%, no se tiene acceso a documentación técnica para mantenimiento y muy pocas veces se da oportunidades de prevenir las fallas en los equipos, por lo que el índice de fallos al año es alto (5 veces a más, en su mayoría).

Mediante el estudio de tiempos, se han determinado parámetros de número de fallas al año, tiempo entre fallas, tiempo para reparar; así como también se han determinado los principales indicadores de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y criticidad de las máquinas, en condiciones iniciales, llegándose a establecer valores alarmantes que corroboran la evaluación inicial, así como también comprobación de que la maquinaria pesada es la de mayor índice de criticidad del pool de máquinas existentes en la empresa. Se han incluido también costos por facturación por reparaciones realizadas.

A consecuencia de la evaluación general e identificación de los parámetros iniciales o indicadores de mantenimiento, se ha procedido a elaborar el Plan de Mantenimiento para la maquinaria pesada crítica de la empresa Construcción y Administración S.A., determinando un programa basado en el tiempo total de operación y permitiendo estimar los indicadores de mantenimiento, en condiciones de mejora. Se han descrito las fallas principales, frecuencia de las mismas, proyecciones de índices de prioridad de riesgos (NPR), estudio de tiempos e indicadores de mantenimiento en mejora, para finalmente establecer costos por Mantenimiento Preventivo, reparaciones y ahorro anual bajo el nuevo esquema.

Comparativamente entre las condiciones iniciales y condiciones en mejora, se ha determinado la reducción de costos y/o viabilidad económica con la puesta en práctica del Plan de Mantenimiento preventivo, estableciendo que: El retorno sobre activos (ROA), inicialmente tenía un beneficio del 4% o sea que por cada sol invertido en activos

totales genera 4 centavos de utilidad neta, con las condiciones del Plan, en mejora, el ROA es igual a 5%; el retorno sobre patrimonio (ROE), inicialmente era del 10%, al ser mayor que el valor del ROA se puede decir que es positivo para la empresa, con las condiciones del Plan, en mejora, el ROE asciende a 14% ; y, el Retorno sobre la inversión (ROI), es del 3% lo que quiere decir que por cada sol invertido se gana 3 soles, con las condiciones del Plan, en mejora, el ROI asciende a 4%; demostrándose pues, que el beneficio económico estará asegurado.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Sería menester continuar la verificación de resultados del Plan de mantenimiento preventivo ya que existen algunas proyecciones estimadas y se debe modificar los resultados para satisfacer los requerimientos de operación.
- Implementar un proceso de capacitación anual para mejorar las habilidades y competencias del personal operativo y técnico de mantenimiento de la empresa Construcciones y Administración S.A.
- Para las acciones de Planificación, programación, implementación y seguimiento, de la función de mantenimiento, recomendamos la contratación de un Ingeniero especialista en las actividades generales de Mantenimiento.
- Determinar la importancia de los documentos y formatos de mantenimiento, a fin de fomentar la disciplina y buenas costumbres por parte de los colaboradores, para ejercer su vocación de identificación con la empresa y con la parte logística que le corresponde al Mantenimiento; esto debe llevar a la motivación y a la adaptación del personal operativo.
- Establecer algunos indicadores modernos de Mantenimiento, como por ejemplo KPIs, a fin de identificar metas anuales de productividad de la maquinaria pesada y eficiencia en el Mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allali, D. (2016). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota vehicular MEGALOG*. Valencia.
- Diaz, M. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia ETECOL*. Colombia.
- Domínguez Herrera, J. E. (12 de Septiembre de 2011). *UTCv CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO*. Recuperado el 15 de junio de 2018, de UTCv CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO: <https://sites.google.com/site/utcvcalidadenelmantenimiento/>
- Duffuaa, S. (2007). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y Control*. México: Trillas.
- GARCÍA, S. (2013). *Plan de mantenimiento*. Recuperado el septiembre de 18 de 2017, de Revotec: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>
- Guerra, J. (2014). *Plan de lubricación para mejorar la disponibilidad de las maquinarias utilizadas en el departamento de carreteras en la empresa ICCGSA*. Lima.
- HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA. (s.f.). <http://sined.uaem.mx:8080>. Obtenido de [http://sined.uaem.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2776/506\\_6.pdf?sequence=1](http://sined.uaem.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf?sequence=1)
- Rojas, I. (2010). *Plan para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM para la planta de concreto Pacasmayo*. Trujillo.
- SÁNCHEZ, J. (2002). Recuperado el 17 de septiembre de 2017, de Análisis de rentabilidad de la empresa: <http://www.5campus.com/leccion/anarenta>
- Tuesta, M. (2015). *Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa OBRAINSA*. Callao.
- Vasquez, O. (2016). *Propuesta de un plan de mantenimiento total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la municipalidad provincial de Cajamarca*. Cajamarca.

**ANEXOS**

**ANEXO A: Encuesta para medir el estado actual de mantenimiento de la empresa  
 COSTRUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN S.A.**

<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		FECHA ELABORACIÓN: 2 SET, 2016 V. 2
<b>ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA DE MAQUINARIA PESADA DE CONSTRUCCION Y ADMINISTRACION S.A.</b>		
NOMBRE:	CARGO:	EDAD:      FECHA:
Buenos días. Mi nombre es Flores del Aguila soy estudiante de la Universidad César Vallejo, de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, estoy realizando una encuesta con el propósito de conocer el estado actual del mantenimiento en el área de maquinaria pesada que existe dentro de la empresa. Los datos que en ella se consignen se tratarán de forma anónima.		
Marcar con una aspa (X) las siguientes preguntas:		
1. ¿Existe un plan de mantenimiento claramente definido?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
2. ¿Se lleva un inventario de los repuestos, suministros y otros que se utiliza en cada maquinaria?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
3. ¿Cuenta con información adecuada de los repuestos que utiliza?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
4. ¿Se planifica la paralización de la maquina para darle mantenimiento?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
5. ¿La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar mantenimiento a las maquinas?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
6. ¿Cree usted que con los recursos brindados por la empresa se pueda dar un adecuado mantenimiento?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
7. ¿Se lleva un control de mantenimiento?	<input type="checkbox"/> sí	<input type="checkbox"/> NO
8. ¿Al año cuantas veces recibe algún tipo de capacitación para mantenimiento de la maquina? <input type="checkbox"/> 0 Veces <input type="checkbox"/> 1 VeZ <input type="checkbox"/> 2 y 3 Veces <input type="checkbox"/> 4 Veces a más		
9. ¿Cada cuanto tiempo se realiza mantenimiento de las maquinas? <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/> Semestral <input type="checkbox"/> Anual		
10. ¿Quién realiza el mantenimiento de las maquinas? <input type="checkbox"/> Operarios de la Empresa <input type="checkbox"/> Terceros <input type="checkbox"/> Ambos		
11. ¿Cuenta con el espacio suficiente para darle mantenimiento a las maquinas? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
12. ¿Disponen de la Documentación Técnica para dar mantenimiento a las maquinas? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
13. ¿La veces en que las maquinas tiene fallas al año es? <input type="checkbox"/> 0 Veces <input type="checkbox"/> 1 a 2 Veces <input type="checkbox"/> 3 a 4 Veces <input type="checkbox"/> 5 Veces a más		
14. Se mantiene un Registro actualizado de las fallas de las maquinas? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
15. ¿Se le da seguimiento a las fallas de las maquinas? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
16. ¿Conocen como detectar las fallas en su maquina a tiempo ? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
17. ¿Sabe como reaccionar ante cualquier falla del equipo? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
18. ¿Cuántas veces previenen las fallas en la maquina al año es? <input type="checkbox"/> 0 Veces <input type="checkbox"/> 1 a 2 Veces <input type="checkbox"/> 3 a 4 Veces <input type="checkbox"/> 5 Veces a más		
19. ¿Las funciones de la maquina utilizada puede ser reemplazada por otra? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
20. ¿La segregación de los desechos (solidos y liquidos) de la maquina es el correcto? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> NO		
Desea realizar algún comentario adicional: _____		
FECHA DE ELABORACIÓN: _____ FECHA DE REVISIÓN: _____		

**ANEXO B:** Entrevista estructurada, aplicada al supervisor del área de máquinas y herramientas

Muy buenos días. Mi nombre es Jean Pierre Flores del Aguila, soy estudiante de la Universidad César Vallejo, de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, estoy realizando una entrevista con el propósito de conocer el estado actual del mantenimiento en el área de máquinas y herramientas que existe dentro de la empresa. Le agradecería Sr. Sergio Soria Montenegro, me pudiera responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los nombres y modelos de las maquinarias que se tiene en la empresa?
2. ¿Las maquinarias adquiridas por la empresa son nuevas o de segunda? ¿Si hay de segunda que maquinas lo son?
3. ¿Cuánto tiempo de vida, vienen funcionando las maquinarias?
4. ¿Cuáles son las funciones que realizan las maquinas?
5. ¿Bajo qué condiciones trabaja las maquinas?
6. ¿Cuál es el rendimiento que tienen las maquinarias?
7. ¿Antes de que las maquinarias sean utilizadas, se hace una revisión? ¿Qué partes se revisa?
8. ¿Cuántos días a la semana trabaja las maquinas?
9. ¿Cuáles son las fallas más comunes que tienen cada máquina?
10. ¿Qué tipo de mantenimiento se les da a las maquinarias?
11. ¿Cada cuánto tiempo se les da el mantenimiento a las maquinarias?
12. ¿Se cumple el plan de mantenimiento según el catálogo de las maquinas? ¿Se lleva un control de estos mantenimientos?
13. ¿Los mantenimientos que se le dan a las maquinas lo realiza los trabajadores de la empresa o se paga a un tercero?
14. ¿Tiene conocimiento de los costos que tiene los repuestos de las maquinas?
15. ¿Se lleva un control de los gastos por mantenimiento?



## **ANEXO C:**

### **Encuesta sobre gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada en CASA**

**Servicio:**

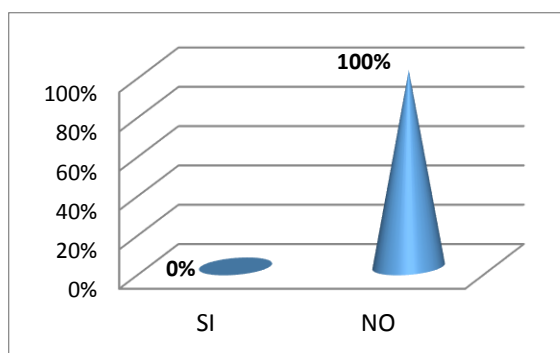
**Jefe:**

**Fecha:**

**Indicaciones:** Llenar los espacios en blanco según se solicitado en cada pregunta.

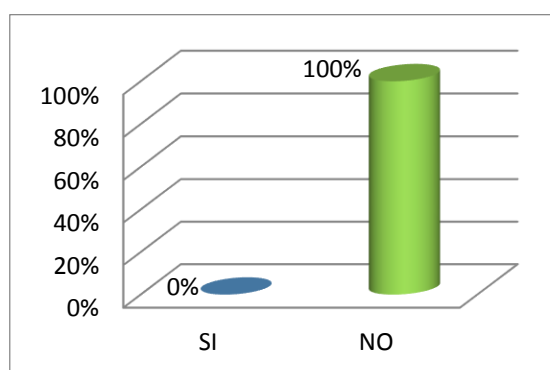
1. ¿Marca y modelo del equipo?
2. ¿Tiempo de vida del equipo?
3. ¿Trabajos que el equipo realiza?
4. ¿Bajo qué condiciones trabaja el equipo?
5. ¿Se revisa el equipo antes de ejecutar la OT?
6. ¿Cuántos días a la semana trabaja el equipo?
7. ¿Cuáles son las fallas más comunes del equipo?
8. ¿Qué tipo de mantenimiento y cada cuanto tiempo se le da al equipo?
9. ¿Se cumple el plan de MTTO según el catálogo del equipo?
10. ¿El mantenimiento del equipo se realiza interno o externo?
11. ¿Tiene conocimiento del costo de los repuestos del equipo?
12. ¿Lleva un control de gastos de MTTO del equipo?

## ANEXO D: RESULTADOS DE ENTREVISTA.



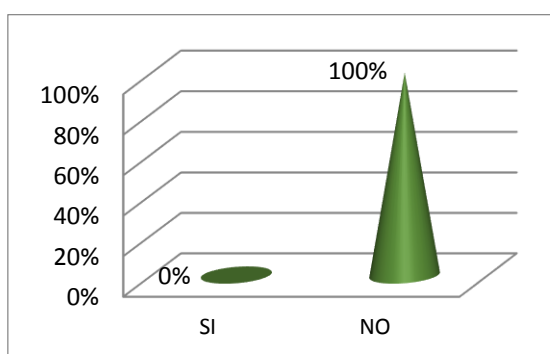
**Figura 03. Existe Plan de Mantenimiento Definido**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



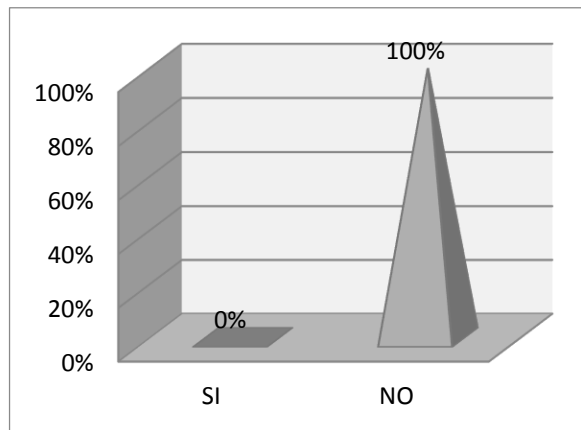
**Figura 04. Se tiene Inventario de Repuestos, Suministros y Accesorios**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



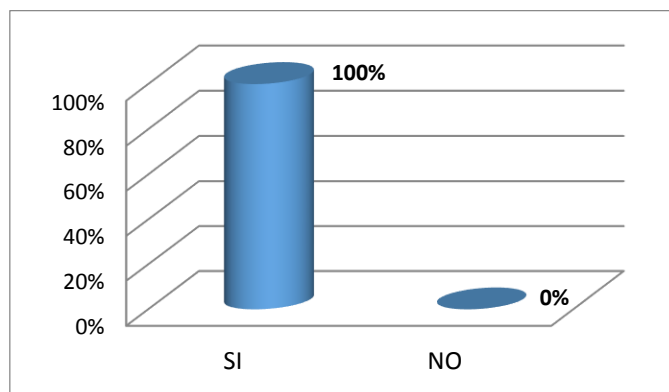
**Figura 05. Se tiene Información Adecuada de Repuestos**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



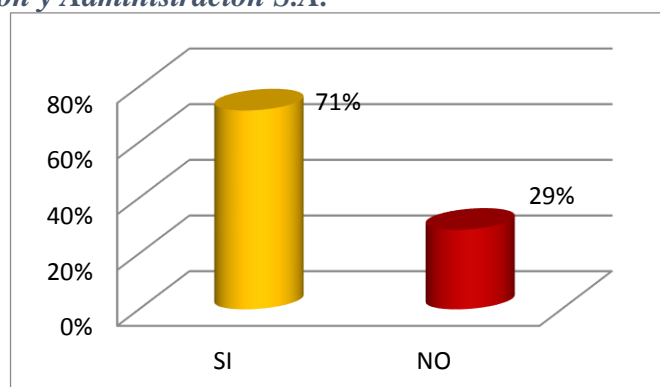
**Figura 06. Se realiza Planificación por Paralización de Maquina**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



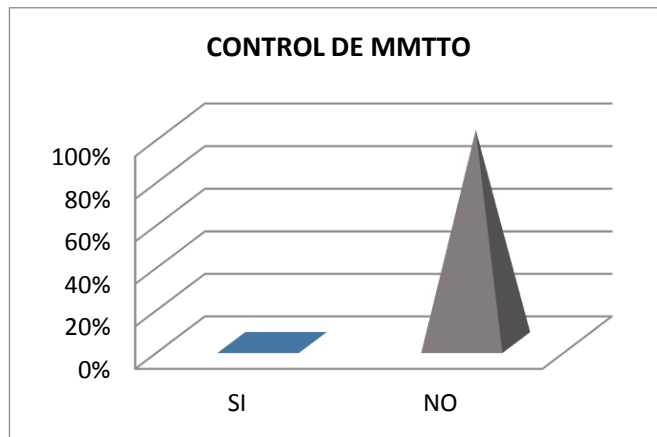
**Figura 07. Se tienen Recursos y Herramientas para Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



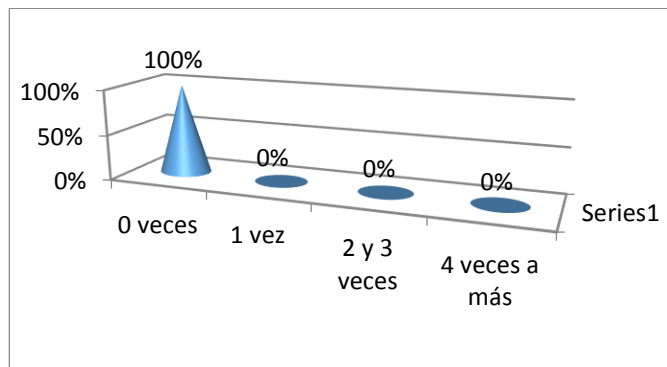
**Figura 08. Se realiza Mantenimiento Apropiado con los Recursos**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



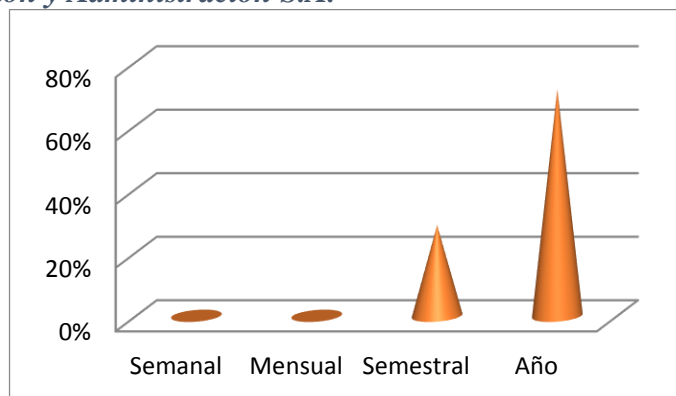
**Figura 09. Se tiene un Control de Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



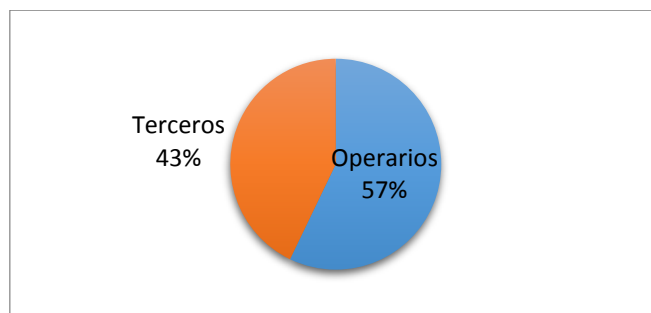
**Figura 10. Capacitaciones en Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



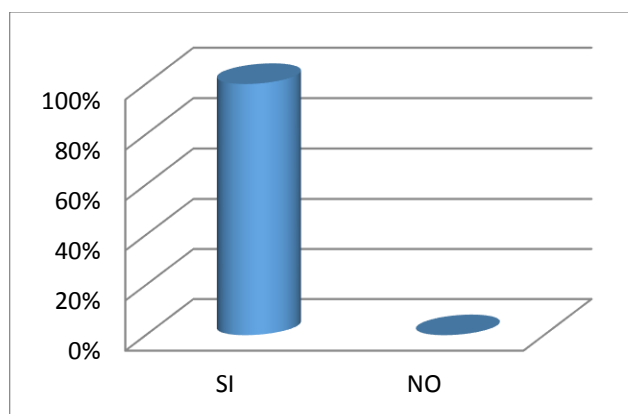
**Figura 11. Periodicidad de Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



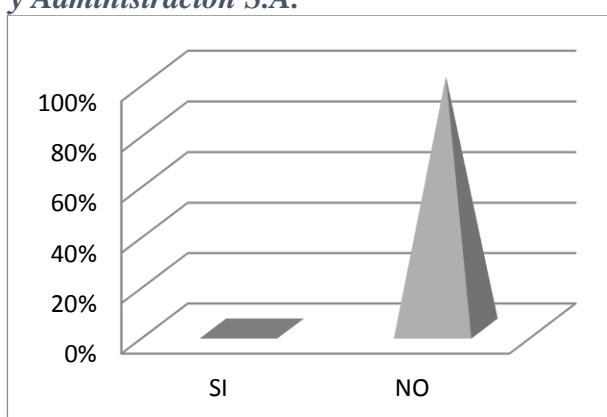
**Figura 12. Personal encargado del Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



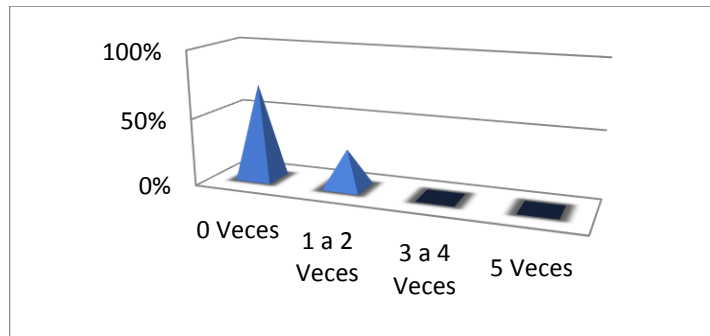
**Figura 13. Espacio Apropriado para Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



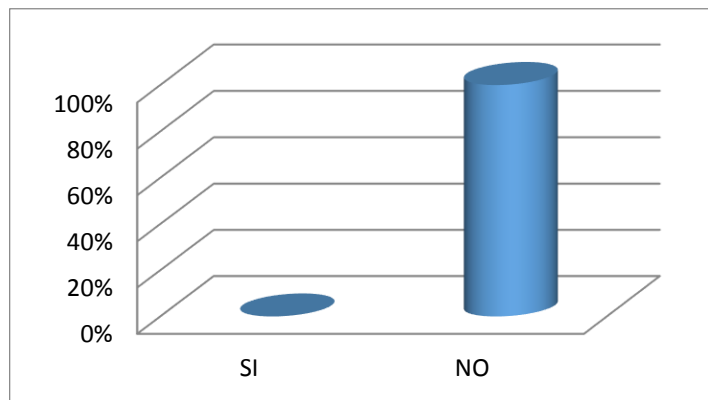
**Figura 14. Acceso a Documentación Técnica para Mantenimiento**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



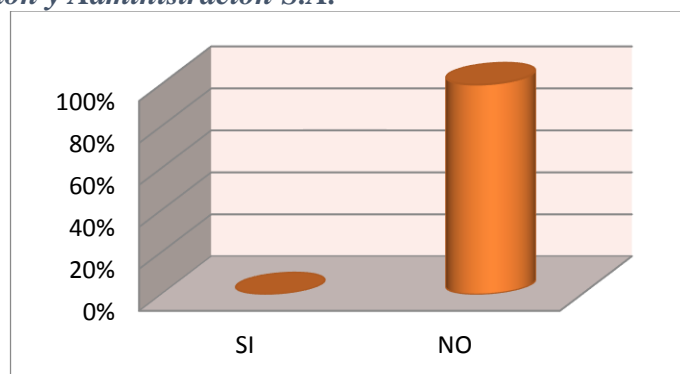
**Figura 15. N° de oportunidades que se Previene las Fallas al Año**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



**Figura 16. Análisis de Reemplazo de Funciones de las Maquinas**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



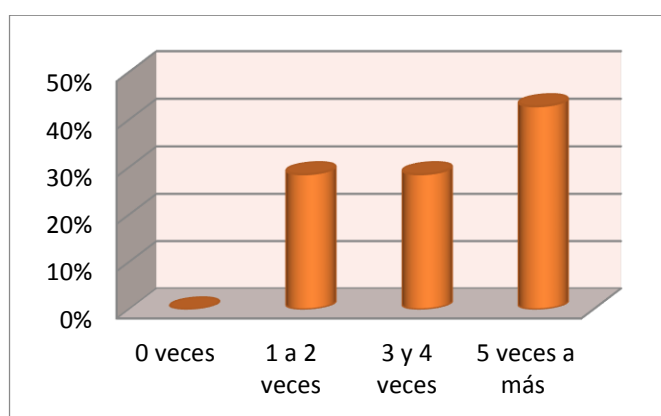
**Figura 17. Eliminación Correcta de Desechos**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*

**Tabla 07: Conocimiento de Fallas**

FALLAS	SI	NO
Existe registro actualizado de fallas	0%	100%
Se realiza seguimiento a las fallas	0%	100%
Conocimiento de detección de fallas de las máquinas	0%	100%
Conocimiento de cómo reaccionar ante cualquier falla	57%	43%

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*



**Figura 18. Fallos Al Año**

*Fuente: Elaborado por los autores con información de la empresa Construcción y Administración S.A.*

## ANEXO E: CALCULO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO

### CARGADOR FRONTAL DOOSAN, DL300, S-0257

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 190 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 260 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{190 \text{ h}}{20} = 9.50 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{260 \text{ h}}{20} = 13 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{13 \text{ horas}}{(13 + 9.50) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5778 = 57.78\%$$

- Confiabilidad operacional:

$$C(t) = \frac{-\lambda * t}{\varepsilon^{100}}$$

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 190 \text{ hrs} + 260 \text{ hrs}$$



$$t = 450\text{hrs}$$

✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{13 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.07692 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.07692 \cdot 450}{100}}$$

$$C(t) = 0.7074 = 70.74\%$$

• Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu \cdot t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{9.50}$$

$$\mu = 0.10526 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.10526 \cdot 1462}{100}}$$

$$M(t) = 0.3773 = 37.73\%$$

## EXCAVADORA DOOSAN SL340LC-V

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 150 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 220 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{150 \text{ h}}{19} = 7.89 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{220 \text{ h}}{19} = 11.58 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{11.58 \text{ horas}}{(11.58 + 7.89) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5946 = 59.46\%$$

- Confiabilidad operacional:

$$C(t) = \varepsilon^{\frac{-\lambda * t}{100}}$$

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 150 \text{ hrs} + 220 \text{ hrs}$$

$$t = 370 \text{ hrs}$$

✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{11.58 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.08636 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.08636 * 370}{100}}$$

$$C(t) = 0.7265 = 72.65\%$$

• Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{7.89}$$

$$\mu = 0.12667 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.12667 * 370}{100}}$$

$$M(t) = 0.3742 = 37.42\%$$

## RETROEXCAVADORA CASE 580M, S-0186

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 150 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 210 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{150 \text{ h}}{18} = 8.33 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{210 \text{ h}}{18} = 11.67 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{11.67 \text{ horas}}{(11.67 + 8.33) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5835 = 58.35\%$$

- Confiabilidad operacional:

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

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 150 \text{ hrs} + 210 \text{ hrs}$$

$$t = 360 \text{ hrs}$$

- ✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{11.67 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.08571 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.08571 * 360}{100}}$$

$$C(t) = 73.59\%$$

- Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

- ✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{8.33}$$

$$\mu = 0.12 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.12 * 360}{100}}$$

$$M(t) = 35.08\%$$

## CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ LK 2638/40 0746

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 125 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 142 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{125 \text{ h}}{18} = 6.94 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{142 \text{ h}}{18} = 7.89 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{7.89 \text{ horas}}{(7.89 + 6.94) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5318 = 53.18\%$$

- Confiabilidad operacional:

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

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 125 \text{ hrs} + 142 \text{ hrs}$$

$$t = 267 \text{ hrs}$$

✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{7.89 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.12676 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.12676 * 267}{100}}$$

$$C(t) = 71.29\%$$

• Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{6.94}$$

$$\mu = 0.14400 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.14400 * 267}{100}}$$

$$M(t) = 0.3192 = 31.92\%$$

### 3.2.5. CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ LK 2638/40 0715

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 115 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 137 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{115 \text{ h}}{16} = 7.19 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{137 \text{ h}}{16} = 8.56 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{8.56 \text{ horas}}{(8.56 + 7.19) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5437 = 54.37\%$$

- Confiabilidad operacional:

$$C(t) = \frac{-\lambda * t}{\epsilon^{100}}$$

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 115 \text{ hrs} + 137 \text{ hrs}$$

$$t = 252 \text{ hrs}$$

- ✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$



$$\lambda = \frac{1}{8.56 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.11679 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.11679 * 252}{100}}$$

$$C(t) = 0.7450 = 74.50\%$$

- Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

- ✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{7.19}$$

$$\mu = 0.13908 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.13908 * 252}{100}}$$

$$M(t) = 0.2957 = 29.57\%$$

## CAMIONETA DOBLE CABINA TOYOTA HILUX 3538 F4B-852

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 95 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 122 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{95 \text{ h}}{15} = 6.33 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{122 \text{ h}}{16} = 8.13 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{8.13 \text{ horas}}{(8.13 + 6.33) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5622 = 56.22\%$$

- Confiabilidad operacional:

$$C(t) = \frac{-\lambda * t}{\varepsilon^{100}}$$

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 95 \text{ hrs} + 122 \text{ hrs}$$

$$t = 217 \text{ hrs}$$

✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{8.13 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.12295 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.12295 * 217}{100}}$$

$$C(t) = 0.7658 = 76.58\%$$

• Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{6.33}$$

$$\mu = 0.15789 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.15789 * 217}{100}}$$

$$M(t) = 0.2901 = 29.01\%$$

## CAMIONETA MAHINDRA PICKUP 0102

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 92 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 104 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{92 \text{ h}}{14} = 6.57 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{104 \text{ h}}{14} = 7.43 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$
$$D(t) = \frac{7.43 \text{ horas}}{(7.43 + 6.57) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5306 = 53.06\%$$

- Confiabilidad operacional:

$$C(t) = \varepsilon^{\frac{-\lambda * t}{100}}$$

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 92 \text{ hrs} + 104 \text{ hrs}$$

$$196 \text{ hrs}$$

- ✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{7.43 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.13462 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.13462 * 196}{100}}$$

$$C(t) = 0.7681 = 76.81\%$$

- Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{6.57}$$

$$\mu = 0.15217 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.15217 * 342}{100}}$$

$$M(t) = 0.2579 = 25.79\%$$

## CAMIONETA NISSAN CONCORD 3323

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 84 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 92 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{84 \text{ h}}{12} = 7.00 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{92 \text{ h}}{12} = 7.67 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{7.67 \text{ horas}}{(7.67 + 7) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5227 = 52.27\%$$

- Confiabilidad operacional:

$$C(t) = e^{-\lambda * t}$$

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 84 \text{ hrs} + 92 \text{ hrs}$$

$$t = 176 \text{ hrs}$$

- ✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{7.67 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.13043 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.13043 * 176}{100}}$$

$$C(t) = 0.7949 = 79.49\%$$

- Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

- ✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{7}$$

$$\mu = 0.14634 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.14634 * 176}{100}}$$

$$M(t) = 0.2223 = 22.23\%$$

## CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ ACTROS 3344-1030

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 82 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 90 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{82 \text{ h}}{12} = 6.83 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{90 \text{ h}}{12} = 7.50 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{7.50 \text{ horas}}{(7.50 + 6.83) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.5233 = 52.33\%$$

- Confiabilidad operacional:

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

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 82 \text{ hrs} + 90 \text{ hrs}$$

$$t = 172 \text{ hrs}$$

- ✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$



$$\lambda = \frac{1}{7.50 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.13333 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.13333 * 172}{100}}$$

$$C(t) = 0.7951 = 79.51\%$$

- Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{6.83}$$

$$\mu = 0.14634 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.14634 * 342}{100}}$$

$$M(t) = 0.225 = 22.25\%$$

## CAMION VOLQUETE MERCEDES BENZ ACTROS 3344-1292

- Tiempos del mantenimiento:

- ✓ Tiempo para Reparar

$$\sum \text{TPR} = 75 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo entre Fallas

$$\sum \text{TEF} = 70 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio para Reparar

$$\text{TPPR} = \frac{\sum \text{TPR}}{n}$$

$$\text{TPPR} = \frac{75 \text{ h}}{10} = 7.50 \text{ horas}$$

- ✓ Tiempo Promedio entre Fallas

$$\text{TPEF} = \frac{\sum \text{TEF}}{n}$$

$$\text{TPEF} = \frac{70 \text{ h}}{10} = 7 \text{ horas}$$

- Disponibilidad mecánica:

$$D(t) = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}}$$

$$D(t) = \frac{7 \text{ horas}}{(7 + 7.50) \text{ horas}}$$

$$D(t) = 0.4828 = 48.28\%$$

- Confiabilidad operacional:

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

- ✓ Tiempo total para producir

$$t = \sum \text{TPR} + \sum \text{TEF}$$

$$t = 75 \text{ hrs} + 70 \text{ hrs}$$

$$t = 145 \text{ hrs}$$

✓ Tasa de Fallas

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPEF}}$$

$$\lambda = \frac{1}{7 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0.14286 \text{ fallas/horas de operación}$$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.14286 * 145}{100}}$$

$$C(t) = 0.8129 = 81.29\%$$

• Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-\mu * t}{100}}$$

✓ Tasa de Reparaciones

$$\mu = \frac{1}{\text{TPPR}}$$

$$\mu = \frac{1}{7.50}$$

$$\mu = 0.13333 \text{ reparaciones/horas en falla}$$

Reemplazando:

$$M(t) = 1 - e^{\frac{-0.13333 * 145}{100}}$$

$$M(t) = 0.1758 = 17.58\%$$





## ORDEN DE TRABAJO

Código: F-GEL-013

Versión: 01

PROYECTO:

N° ORDEN DE TRABAJO:

### DATOS DE EQUIPO

Descripción	Marca	Modelo	Serie / Placa

### DATOS DEL MANTENIMIENTO

a) Servicio:

Preventivo	
Correctivo	
Otros:	

Fecha de inicio:

Fecha de término:

Horómetro:

Horas	
Km.	

b) Diagnóstico:

---

---

c) Actividades a realizar:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

d) Repuestos e insumos:

N°	Descripción	Nota de Salida (Entregado por Almacén)	Cantidad

e) Trabajos terceros:

N°	Proveedor	Descripción	Documento Asociado

f) Observaciones

---

---

Operador de Equipo / Chofer (Nombre y Firma)	Mecánico (Nombre y Firma)	Jefe de Equipos (Nombre y Firma)

Fecha de Aprobación: 04/05/12



LISTA DE CHEQUEO Y PARTE DIARIO DE MAQUINARIA PESADA

Código: F-OP-015  
Versión: 01

Proyecto				
Equipo:	Marca:	Modelo:	Serie / Placa:	
Operador de Equipo:	Turno:	Fecha:		

Leyenda:   
 OK Conforme M En mal estado. Ser reparado a la brevedad N/A No aplica   
 R Regular, pero operar, programar su cambio o reparación F Faltante (No tiene en ese momento)

MAQUINARIA PESADA EN GENERAL					
<b>NEUMÁTICOS</b>					
Llantas delanteras (*)	OK	R	M	F	
Llantas posteriores (*)					
<b>ACCESO</b>					
Escaleras					
Pasamanos					
<b>CABINA OPERADOR</b>					
Asiento	OK	R	M	F	
Cinturón de seguridad (*)					
Volante (*)					
Palanca de accionamiento					
Claxon					
Luces de cabina					
Parabrisas					
Plumillas					
Espejos retrovisores (*)					
<b>SEGURIDAD</b>					
Circulina (*)	OK	R	M	F	
Alarma de retroceso (*)					
Sistemas de frenos (*)					
Botiquin					
Extintor					
Conos de seguridad (en caso epique)					
Luces (*)					
<b>FUGAS DE FLUIDO</b>					
Aceto de motor	N/A	RESUM	FUGA		
Combustible					
Transmision					
Tornamesa					
Motor de vibración					
Motor de tracción					
Diferenciales					
<b>NIVELES DE FLUIDO</b>					
Motor (*)	OK	R	M	F	
Refrigerante (*)					
Transmision (*)					
Hidráulico (*)					
<b>MINICARGADOR</b>					
<b>IMPLEMENTO</b>					
Cucharon	OK	R	M	F	
Llantas / Cuchillas					
Cil. Hidráulico levante (*)					
Cil. Hidráulico volteo (*)					
<b>CARGADOR FRONTAL</b>					
<b>IMPLEMENTO</b>					
Cucharon	OK	R	M	F	
Llantas					
Pines y seguros					
Cilindros hidráulicos					
Brazos levante					
Brazo de volteo					
Manguera hidráulica					

LISTA DE CHEQUEO DE MAQUINARIA PESADA					
TRACTOR DE ORUGA					
IMPLEMENTO					
Hoja topadora	OK	R	M	F	
Cuchillas					
Cuchillas					
Cantoneiras					
Cilindro de levante (*)					
Cilindro de inclinación (*)					
Brazos de empuje					
Ripper					
Cilindro de levante ripper					
Pines y seguros					
<b>TREN DE RODAMIENTO</b>					
Orugas	OK	R	M	F	
Sprocket					
Rodillos superior					
Ruedas guías					
Tensadores					
Rodillos inferiores					
<b>RODILLO TRACTOR GRANDE</b>					
<b>IMPLEMENTO</b>					
Rola compactadora	OK	R	M	F	
Limpador de rola					
Motor de vibración					
<b>MOTONIVELADORA</b>					
<b>IMPLEMENTO</b>					
Hoja topadora	OK	R	M	F	
Cuchilla					
Cantoneiras					
Sobrecantoneiras					
Pernos / Tuercas					
Cil. de levante cuchilla (*)					
Cil. de despl. cuchilla (*)					
Cil. giro cuchilla (*)					
Tornamesa de giro					
Manguera hidráulica ripper (*)					
Pines y seguro					
<b>FRESADORA</b>					
<b>IMPLEMENTO</b>					
Gomas de la tolva	OK	R	M	F	
Rodillo de empuje					
Protección central					
Protección lateral					
Listones de arastre					
Cadenas de cinta					
Zapatitas de goma					
Deflector de material					
Roldanas					
Rueda motriz dentada					
Cadena motriz de la cinta					
Aia de sin fin					
Chapa delantera de regla					
Pasarela de la regla					
Listones de presión					
Tubos telescópicos					
Pasarela de la regla					
Val. De compuerta lateral					
Pupitre de mando principal					

EXCAVADORAS					
IMPLEMENTO					
Cuchara	OK	R	M	F	
Llantas					
Brazo					
Pluma					
Cilindro brazo (*)					
Cilindro pluma (*)					
Manguera hidráulica					
Pines y seguros					
<b>TREN DE RODAMIENTO</b>					
Orugas	OK	R	M	F	
Rodillo superior					
Tensadores					
Rodillo inferior					
Sprocket					
<b>RETROEXCAVADORAS</b>					
<b>IMPLEMENTO DELATERO</b>					
Cucharon	OK	R	M	F	
Llantas / Cuchillas					
Pines y seguros					
Pluma					
Cilindro hidráulico (*)					
Brazos de levante					
Brazo de volteo					
Manguera hidráulico (*)					
<b>IMPLEMENTO POSTERIOR</b>					
Brazo	OK	R	M	F	
Pluma					
Cilindro brazo (*)					
Cilindro Pluma (*)					
Manguera hidráulico (*)					
Pines y seguros					
Pines y seguros					
Brazo estabilizadora (*)					
<b>FRESADORA</b>					
<b>IMPLEMENTO</b>					
Cadena	OK	R	M	F	
Zapata					
Tensión de la cadena					
Roldanas					
Rueda guía					
Rueda dentada					
<b>TAMBOR DE FRESADO</b>					
Separador	OK	R	M	F	
Patín protector					
Portapicaz					
Eyector					
Picaz					
<b>INSTALACIÓN DE ROCIO</b>					
Boquillas	OK	R	M	F	
Dispositivo deiego					
Filtros					
<b>CINTAS TRANSPORTADORA</b>					
Rodillos de tracción	OK	R	M	F	
Cojinetes y cojines de sujeción					
Polea de guía					
Rodillo inferior de la cinta					
Juntas de gomas laterales					
Cinta transportadora					

(\* Items crítico a partir de M y F, donde se considera inoperativo del equipo. Cuando indique fuga de fluidos se debe detener el equipo y comunicar en forma inmediata al Jefe de Equipos.

OBSERVACIONES:

Nombre y Firma del Trabajador:	
Nombre y Firma del Capataz / Responsable de SSMA:	

Horas Equipo	PARTE DIARIO				Descripción
	Desde	Hasta	Hrs. Maq.	Hrs. Hombre	
Hora Inicio de turno					
Hora Fin de turno					
Horometro / Km Inicial					
Horometro / Km Final					
Horas de Uso Real					
Horas en Stand By					
Hras. de Mto Preventivo					
Hras. de Mto Correctivo					

OBSERVACIONES:

Nombre y Firma del Trabajador	Nombre y Firma del Capataz	Nombre y Firma del Jefe de Equipos

Nota: El Capataz en caso de no encontrar algún ítem de esta lista en condiciones de "repararse inmediatamente", comunicará al Jefe de Equipos sobre la condición del equipo, sin excederse más de 01 día de encontrada la observación.