



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

**MÉTODO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EVALUAR LA
DISPONIBILIDAD EN LA FLOTA DE VOLQUETES VOLVO FMX.**

CASO: GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

PRESENTADO POR

BACH. LUIS ALBERTO JAHUIRA SALAS

ASESOR

MGR. HUGO EULER TITO CHURA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

MECÁNICA

CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

MOQUEGUA – PERÚ

2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCION.....	xiv
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Planteamiento del problema	2
1.2.2. Formulación del problema.....	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1. Justificación e importancia.....	4
1.4.2. Limitaciones.....	6
1.5. VARIABLES.....	6
1.5.1. Variable independiente.....	6
1.5.2. Variable dependiente.....	6
1.5.3. Operacionalización de variables.....	6
1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.6.1. Hipótesis general.....	8
1.6.2. Hipótesis específicas.....	8
CAPITULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13

2.2.1.	Gestión de mantenimiento	13
2.2.2.	Indicadores de mantenimiento mundial.....	17
2.2.3.	Indicadores de gestión	18
2.2.4.	Benchmarking en mantenimiento	19
2.2.5.	Jerarquización de equipos	21
2.2.6.	Principio de Pareto.....	24
2.2.7.	Análisis de modo y efecto de falla	25
2.2.8.	Proceso de mejora para la gestión de mantenimiento.....	35
2.2.9.	Disponibilidad en la gestión de mantenimiento.....	43
2.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	44
CAPITULO III		49
MÉTODO		49
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
3.5.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	51
CAPITULO IV		53
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		53
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	53
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	69
4.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
CAPÍTULO V		74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		74
5.1.	CONCLUSIONES.....	74
5.2.	RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....		78
ANEXOS		82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	7
Tabla 2: Matriz general de criticidad	22
Tabla 3: Factores de ponderación de criticidad	23
Tabla 4: Formato de resultado de análisis de criticidad	24
Tabla 5: Escala de evaluar la ocurrencia en el AMEF	28
Tabla 6: Escala de evaluar la severidad en el AMEF	29
Tabla 7: Escala de evaluar la no Detección	31
Tabla 8: Formato de encuesta al personal de mantenimiento	34
Tabla 9: Datos de tiempo entre fallas de volquete volvo EGK-176	54
Tabla 10: Indicadores de mantenimiento Actual placa EGK-176 sin mejora continua	56
Tabla 11: Indicadores de mantenimiento de sistema de los componentes de volquete estudiados en condición actual sin mejora continua (Sistemas)	59
Tabla 12: Benchmarking de disponibilidad condición actual meta y expectativa	62
Tabla 13: Indicadores de mantenimiento Actual TMRP, TMEF y Disponibilidad placa EGK-176 con mejora continua	62
Tabla 14: Indicadores de mantenimiento Actual placa EGK-176 con evaluación de mejora continua (Sistemas)	65
Tabla 15: Ratios de disponibilidad de los volquetes volvo FMX-440	67
Tabla 16: Benchmarking de indicadores	70
Tabla 17: Resultado de indicadores de mantenimiento	74

Tabla 18: Listado de volquetes FMX del Gobierno regional de Puno	82
Tabla 19: Listado de sistemas a estudiar	83
Tabla 20: Descripción de factores ponderados para criticidad	84
Tabla 21: Frecuencia de las tareas de pesquisa de fallas, disponibilidad	85
Tabla 22: Formato Benchmarking de indicadores	85
Tabla 23: Evaluación de criticidad para volquete volvo EGK-176	87
Tabla 24: Resultado de análisis de criticidad de la flota de volquetes	88
Tabla 25: Resultado de análisis de criticidad del volquete EGK-176	91
Tabla 26: Resultado de análisis de criticidad del volquete EGK-185	93
Tabla 27: Resultado de análisis de criticidad del volquete EGK-175	95
Tabla 28: Registro de análisis de modo y efecto de falla	105
Tabla 29: Relación de Ítem para la encuesta al personal de Mntto	106
Tabla 30: Resultado de la encuesta al personal de mantenimiento	107
Tabla 31: Valores y niveles de confiabilidad de Kuder – Richardson.	107
Tabla 32: Prueba de rendimiento de los ítems realizado al personal de mantenimiento	109
Tabla 33: Lista de costo de mano de obra HH mensual	111
Tabla 34: Lista de costo de repuesto mensual	112
Tabla 35: Lista de costo de material fungible mensual	113
Tabla 36: Lista de costo total de intervenciones mensual	114
Tabla 37: Lista de costo de fallas mensual	114
Tabla 38: Lista de costo de almacenamiento mensual	115
Tabla 39: Lista de costo global mensual	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Grafico de probabilidad	53
Grafica 2: Probabilidad de las variables iniciales TMPR y TMEF en condiciones actuales sin mejora continua, según la distribución asumida de Weibull	55
Gráfico 3: DISPONIBILIDAD de volquete en condición actual sin mejora continua	57
Gráfico 4: DISPONIBILIDAD de volquete en condición actual sin mejora continua	58
Gráfico 5: TMPR y TMEF del volquete sin mejora continua (Meses)	58
Gráfico 6: DISPONIBILIDAD de sistemas de componentes mecanicos sin mejora continua (Sistemas)	59
Gráfico 7: TMPR y TMEF sin mejora continua (Sistemas)	60
Grafica 8: Probabilidad de las variables iniciales TMPR y TMEF en condiciones actuales con mejora continua, según la distribución asumida de Weibull	61
Gráfico 9: Evaluacion de disponibilidad en condición actual con mejora continua y sin mejora continua (Meses)	63
Gráfico 10: Comparacion de TMPR y TMEF con mejora continua y sin mejora continua (Meses)	64
Gráfico 11: Evaluacion de disponibilidad con mejora continua y sin mejora continua (Sistemas)	65
Gráfico 12: Evaluacion de TMPR y TMEF con mejora continua y sin mejora continua (Sistemas)	66

Grafico 13: Esquema de proceso para la disponibilidad	84
Gráfico 14: Barra de columnas de análisis de criticidad de la flota de Volquete volvo FMX-440	89
Gráfico 15: Barra de columnas de análisis de criticidad para EGK-176	91
Gráfico 16: Barra de columnas de análisis de criticidad para EGK-185	93
Gráfico 17: Barra de columnas de análisis de criticidad para EGK-175	95

RESUMEN

El desarrollo de la investigación nace a consecuencia de la falta de conocimiento de gestión de mantenimiento que conlleva a frecuencias de fallas inesperadas que involucren mantenimiento de flota de volquete FMX -440, y la falta de evaluar la disponibilidad. Se debe integrar métodos de mantenimiento y administración de la flota volquete FMX-440 que asegure la confianza de operación durante su vida útil efectuada diariamente en la región de Puno.

Por ello a partir de esta situación urge la necesidad de tener un método de gestión de mantenimiento necesario para el intervalo de sustentación ideal seguro de investigación sobre volquete para fortalecer la disponibilidad de los mismos, y un proceso de mejora para el aumento del desempeño para la programación de tareas, que valide los objetivos planteado mediante una investigación, descriptiva no experimental.

Se identifico la unidad mas critica y los sistemas mas críticos de los componentes de volquete y se anticipo a los niveles de riesgo. El volquete de placa EGK-176 es el mas critico y se tomo para la evaluacion de la presente tesis. Se obtuvo resultados de disponibilidad, TPEF y TMPR con 90.35%, 17.36 y 1.63 hrs respectivamente en condiciones actuales sin proceso de evaluación continua, luego se aplico el método de gestión de mantenimiento orientado a la evaluación de la disponibilidad.

Se obtuvo el resultado aceptable de acuerdo a los estimado por los indicadores de mantenimiento, aumentando al disponibilidad en 92.69%, aumentar el TMEF a 20.00 y reduciendo el TMPR a 1.50 hr fortaleciendo la disponibilidad. Se valida el objetivo de brindar un método de gestión de mantenimiento de volquetes volvo FMX-440.

Palabra clave: Disponibilidad, criticidad. Gestión de mantenimiento, tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación.

ABSTRACT

The development of the research was born as a consequence of the lack of knowledge of maintenance management that leads to frequencies of unexpected failures that involve maintenance of the FMX -440 tipper fleet, and the lack of evaluating availability. Maintenance and administration methods of the FMX-440 dump fleet must be integrated to ensure the confidence of operation during its useful life carried out daily in the Puno region.

Therefore, from this situation, there is an urgent need to have a maintenance management method necessary for the ideal safe lift interval of investigation on tipper to strengthen their availability, and an improvement process to increase performance for the Task scheduling that validates the objectives set through a descriptive, non-experimental investigation.

The most critical unit and the most critical systems of the tipper components were identified and the risk levels were anticipated. The EGK-176 plate tipper is the most critical. Availability results, TPEF and TMPR were obtained with 90.35%, 17.36 and 1.63 hrs respectively in current conditions without continuous evaluation process, after applying the maintenance management method oriented to the evaluation of availability.

The acceptable result was obtained according to those estimated by the maintenance indicators, increasing availability by 90.50%, increasing the TMEF to 20.00 and reducing the TMR to 1.50 hr, strengthening availability. The objective of providing a maintenance management method for volvo FMX-440 dump trucks is validated.

Keyword: Availability, criticality. Maintenance management, mean time between failures, mean time to repair.

INTRODUCCION

Implementación de métodos de gestión de mantenimiento para la flota volquetes, que se dedican a prestar servicio para las obras de la región de Puno. Los volquetes durante su desarrollo de actividades planificadas tienen que brindar un rendimiento adecuado en el área productiva que asegure el grado de disponibilidad. En pro a una solución se elaboró método de gestión de mantenimiento flota de volquetes Volvo FMX-440 con el fin de alcanzar mayor productividad, mejora en el tiempo de trabajo y eficiencia en el servicio.

Para mantener un volquete en óptimas condiciones hay que tener un personal capacitado para el mantenimiento que maneje las herramientas adecuadas y el buen uso de los lubricantes y para la operación de los volquetes deben informar las molestias del comportamiento de su equipo.

Se crearon metas de mantenimiento basándose en el manual de fabricante como uso, operación y mantenimiento de equipos para que garantice una larga vida de los equipos y para que no afecte de manera significativa el presupuesto. Se realizó inspección visual, monitoreo y control del estado situacional de los tiempos de mantenimiento preventivos de los sistemas y los periodos de lubricantes. Se procesó la información para medir indicadores de disponibilidad y mantenimiento componentes.

Para lograr un método de gestión de mantenimiento se tuvo que recoger información de operadores y personal del área de mantenimiento volquetes. De esta manera se lleva un mejor manejo de mantenimiento que brinde la seguridad de desempeño de las máquinas, más horas de disponibilidad, reducción de fallas del sistema. Generalmente no hay un método de gestión de mantenimiento en las Instituciones públicas que brindan una operación confiable y disponible de la flota de volquetes Volvo FMX-440.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN Y REALIDAD DEL PROBLEMA.

Las generaciones de mantenimiento en el sector de la construcción de la gestión pública han ido avanzando debido al crecimiento continuo de tecnología en las maquinarias y el aumento calidad estándar. Actualmente, la tecnología de mantenimiento se sigue utilizando como herramienta de gestión, no es suficiente continuar con la operatividad de las maquinas, debido a que no se está manejando en las mejores condiciones y se están limitando a realizar trabajos de mantenimiento preventivo.

Muchos servicios de equipo mecánico cuentan con un área de mantenimiento que adoptan de forma inadecuada los programas de mantenimiento. Además, no toman en cuenta las recomendaciones dadas por el fabricante, ocasionando averías periódicas, entre otros factores que causen daño a la maquinaria, ocasionando el incremento en los costos y disminución de producción.

Por lo expuesto la responsabilidad del procedimiento adecuado de un método de la gestión de mantenimiento es muy importante, de modo que la disponibilidad de maquinaria puede garantizarse y puede funcionar con mejores

condiciones de seguridad y operación. El beneficio de un buen monitoreo de mantenimiento reduce el consumo de recurso, se obtiene información precisa, incrementa la organización y disponibilidad en la ejecución de las tareas que realiza la institución pública.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Planteamiento del problema

Debido a cambios permanentes en los esquemas de operación donde presentan componentes mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos, la atención de estos sistemas tienen que estar comprometido con la integridad de respuestas actualizadas y de un constante control.

La Oficina de Equipo Mecánico del Gobierno Regional de Puno posee una flota de volquetes Volvo FMX-440 la cual se utiliza para ejecución de proyectos en el departamento construcción vial. La oficina de equipo mecánico hasta la actualidad no tiene establecido una gestión de mantenimiento para los volquetes volvo, tampoco cuentan con registros de evaluación de disponibilidad, y cuando realizan el mantenimiento programado muchas veces infringen el manual de mantenimiento recomendado por el fabricante de volquetes Volvo por lo que no cumplen con la expectativa de operatividad.

Para realizar trabajos periódicos de operatividad de la flota de volquetes volvo FMX-440 se requiere de una organización de mantenimiento preparado con la finalidad de atender fallas recurrentes y diagnostico crítico, y tener una metodología de análisis para una mayor vida útil.

Dentro de la oficina de equipo mecánico no se cuenta con un área de mantenimiento que pueda aportar con la disponibilidad de operación de los

volquetes, la oficina de equipo mecánico cuenta con los registros de mantenimiento preventivo y correctivos, pero no cuenta con un historial de mantenimiento o de fallas funcionales donde la atención de los mantenimientos sea oportuna por ello incurren a realizar mantenimiento correctivo repetitivos, además carecen de diagnósticos de sistemas de volquetes volvo mediante un scanner del estado situacional del volquete, tampoco cuentan con un análisis de aceite para tomar acciones en el mantenimiento preventivo y predictivo.

Muchos servicios a los volquetes presentan debilidades en el plan de mantenimiento, carecen de indicadores de medición, se desconoce el porcentaje de la disponibilidad mensual que brinda os volquetes a las obras de construcción vial, la falta de buena gestión de la conservación aumentará los costos directos del trabajo y la producción mantenimiento preventivo y correctivo para el correcto funcionamiento de las unidades.

1.2.2. Formulación del problema

Tomando lo planteado se formula la siguiente interrogante:

¿En qué medida el método de gestión de mantenimiento evaluara la disponibilidad de la flota de volquetes volvo FMX-440?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. Objetivo general

Formular un método de gestión de mantenimiento para la flota de volquetes volvo FMX, con el fin de evaluar la disponibilidad. Este plan será validado para el caso del Gobierno Regional de Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Presentar una gestión de mantenimiento orientado a la evaluación de la disponibilidad de los volquetes volvo FMX.
- Identificar los sistemas críticos de los componentes de la flota de volquete volvo FMX utilizando el análisis de criticidad.
- Desarrollar el análisis de modos y efecto de fallas – AMEF para anticipar niveles de riesgo de los volquetes volvo FMX.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. Justificación e importancia.

Justificación.

La oficina de Equipo Mecánico cuenta con la flota de volquetes FMX-440 que realizan una inadecuada planificación a la hora de realizar intervenciones de mantenimiento ocasionando trabajos deficientes y dando lugar a averías. No cumplen con sus objetivos de mantenimiento. No se cuenta con recursos especializados necesarios para la implementación y aplicación de mantenimiento.

Con la evolución de nuevas tecnologías en las maquinarias es necesario implementar la gestión de mantenimiento para proteger los sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos e hidráulicos ante desgastes y asimismo tomar decisiones para aumentar la disponibilidad de los volquetes.

La responsabilidad de mantenimiento de la flota de volquetes volvo requiere de personal calificado y capacitación continua que garantice la conformidad de la gestión de mantenimiento con nuevas tendencias tecnológicas para mejorar la vida útil de las unidades. La oficina de equipo mecánico no cuenta con todos los manuales de mantenimiento recomendadas por el fabricante, así mismo no cuenta

con un ingeniero coordinador de mantenimiento y esto se le hace impreciso para el manejo de mantenimiento.

Un método de gestión de mantenimiento orientado hacia la disponibilidad, beneficia a los volquetes previniendo paradas imprevistas que generen gastos adicionales, y por ende mejora sus actividades laborales, reduce costos de mantenimiento, garantiza la eficiencia y disponibilidad y además fortalece dicha gestión de mantenimiento.

Importancia de la investigación.

El resultado del trabajo es de suma importancia para la operación puede permitir que los gerentes realicen un mejor trabajo de mantenimiento planificado programación y asignación de responsabilidad de las unidades, además permite mantener un control de inventarios de repuestos y materiales mejorar la calidad de las actividades y disponibilidad durante la gestión de mantenimiento.

Permite un mejor enfoque organizacional de gestión de mantenimiento que lleva a activos y por ende minimizar los costos de mantenimiento sin reducir la calidad de mantenimiento para las unidades. Así mismo permite seleccionar de forma óptima los recursos adecuados, control de inventarios optimizando los presupuestos y mejora de propuestas técnicas para un mantenimiento eficiente.

Intervenir con mantenimiento y gestión de la flota de volquete volvo para orientada hacia la disponibilidad se obtiene como resultado logros y mejores avances significativos en las operaciones y programaciones de actividades de mantenimiento satisfacción esto se realiza con organización de la alta dirección para obtener resultados positivos y costos favorables para la oficina de equipo mecánico.

El desarrollo del trabajo permitirá a la oficina de equipo mecánico tomar acciones correctivas contar con parámetros de operación y funcionamiento y destacar la aplicación de herramientas estadísticas como el facilitador en el proceso de toma de decisiones, se puede controlar el mantenimiento en niveles aceptables.

1.4.2. Limitaciones.

En cuanto a limitaciones, la formulación solo está aplicado para la flota de los volquetes Volvo FMX-440 que corresponden a la Oficina de Equipo de mecánica del gobierno regional de Puno, y se encuentra en la región Puno ubicado a 3800 m.s.n.m.

1.5. VARIABLES.

1.5.1. Variable independiente

Método de gestión de mantenimiento.

1.5.2. Variable dependiente

Evaluar la disponibilidad en la flota de volquetes volvo FMX.

1.5.3. Operacionalización de variables.

Se muestra la siguiente tabla:

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Conceptual	Dimensiones	Indicadores
<p>Variable independiente:</p> <p>Método de gestión de mantenimiento</p>	<p>Es el conjunto de operaciones que desarrolla técnicas que faciliten el mantenimiento de una unidad. A partir de un modelado permite la programación y planificación de actividades para garantizar la producción con mínimos costos globales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de sistemas - Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoja de decisiones e información - Control y planeamiento - Cantidad de fallas
<p>Variable dependiente:</p> <p>Optimizar la disponibilidad de la flota de volquetes FMX.</p>	<p>Confianza que se tiene de un componente, equipo o sistema que sufrió mantenimiento, realice su función favorablemente durante un determinado intervalo de tiempo. Se interpreta también como porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o realizar una producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo entre fallas - Target de disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo medio entre fallas (TMEF) - Tiempo medio de reparación (TMDR) - Porcentaje de disponibilidad <p>$D = TMEF / (TMEF + TMDR)$</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costo de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.6.1. Hipótesis general

Con la formulación del método de gestión de mantenimiento, permitirá evaluar la disponibilidad en la flota de volquetes volvo FMX del Gobierno Regional de Puno.

1.6.2. Hipótesis específicas.

- La validación de gestión de mantenimiento logra evaluar la disponibilidad de los volquetes volvo FMX.
- Utilizando el análisis de criticidad conlleva para reducir las fallas de sistemas de la flota de volquetes FMX.
- Desarrollando el análisis de modo y efecto de falla AMEF anticipa los niveles de riesgo de los volquetes Volvo FMX.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.

Título: "Una evaluación técnica y financiera de la estrategia de mantenimiento aplicable a una flota de camiones mineros 797F que operan en una mina en el sur de Perú".

Autor: Luis Michael, Villanueva Paredes.

Lugar y fecha de publicación: Arequipa, 2019.

Objetivo: “Determinar la mejor estrategia de mantenimiento una flota camiones de acarreo de mineral CAT 797F en base a análisis de fallas, confiabilidad, gestión de riesgos y análisis de costos”. (Villanueva, 2019)

“En el caso de estudio, se analizará un grupo de camiones mineros en una operación minera en el sur de Perú, donde se realizarán análisis críticos, confiabilidad, riesgos y procesos de evaluación económica para definir la mejor estrategia de mantenimiento. El estudio tiene como objetivo brindar orientación para análisis futuros de otras flotas en otras operaciones mineras”. (Villanueva, 2019)

Título: "Realizar análisis de costos de mantenimiento en IESA U.M. para determinar el tiempo de reemplazo de camiones volquete Volvo FMX. Pallancata".

Autor: Fredy Salazar Salvador.

Lugar y fecha de publicación: Huancayo, 2017.

Objetivo: "Analizar costos de mantenimiento para determinar el tiempo de reemplazo de camiones volquete Volvo fmx en iesa u.m. Pallancata. (Salazar, 2017). Estos resultados se pueden utilizar para analizar cada camión volquete y determinar su tiempo de reemplazo mediante una buena evaluación de costos, se pueden dar en todas las empresas.

(Salazar, 2017).

Título: "El mantenimiento centrado en la confiabilidad puede mejorar la disponibilidad mecánica de los camiones volquete Volvo FMX-440 en el proyecto El Toro".

Autor: Alberto Luis Castillo Tejeda.

Lugar y fecha de publicación: Huancayo, 2017.

Objetivo: "Determinar la influencia de la conservación centrada en la confiabilidad del camión Volvo FMX-440 para mejorar la disponibilidad mecánica en el proyecto el Toro. " (Tejeda, 2017)

"Al aplicar un mantenimiento centrado en la confiabilidad, ayuda a identificar fallas críticas y mejorar la investigación crítica de los camiones volquete Volvo FMX-440. En cuanto a aumentar la vida útil de los componentes". (tejeda, 2017)

Título: El método de mantenimiento y gestión de tractores agrícolas basado en RCM: Tomemos como ejemplo el municipio de Colquepata”. Autor: Mario Gabriel Castro Castro Ironazabal).

Lugar y fecha de publicación: Arequipa, 2017.

Objetivo: "A lo largo del proceso de investigación, nos comprometemos a proponer un método de gestión de mantenimiento basado en RCM para mejorar el funcionamiento de los tractores agrícolas en esta área. Colquepata.”. (Castro, 2018).

“Se desarrollará un plan de trabajo para obtener información de la maquinaria adquirida durante los últimos años 2009-2015”. (Castro, 2018).

Título: “Análisis de mantenimiento de la maquinaria pesada del gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón pastaza y su incidencia en la disponibilidad”

Autor: Jonathan Javier Ninacuri Tenemaza.

Lugar y fecha de publicación: Ecuador, 2016.

Objetivo: “Realizar un análisis de mantenimiento en la maquinaria pesada del gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón pastaza para determinar su incidencia en la disponibilidad”. (Tenemaza, 2016)

“La disponibilidad de la maquinaria se puede mejorar, gracias a que en este análisis de mantenimiento se pudo identificar las características de mayor influencia para evaluar estos índices, ya que, si se reducen los tiempos de paro de la maquinaria y aumentan los tiempos de operación, se pueden lograr un alto índice de confiabilidad y de mantenibilidad de la maquinaria”. (Tenemaza, 2016)

Título: "Propuesta de plan de mantenimiento para la confiabilidad de camiones fuera de carretera en la flota de mina a cielo abierto"

Autor: Cindy Li Galvez, Raul Mescua Rivera

Lugar y fecha de publicación: Lima, 2016.

Objetivo: “El objetivo de 92% de disponibilidad será el resultado de la nueva estrategia de mantenimiento basado en RCM. Esta nueva disponibilidad se traduce en tener más horas operativas de camión y por tanto el ingreso también aumentará”. (Gálvez, 2016).

"La conclusión que se extrae en este apartado es que RCM es la estrategia más adecuada para que TPM solucione este problema. Esto se debe principalmente a que RCM intenta analizar el modo de falla y sus consecuencias, con base en los resultados del análisis de acuerdo con el funcionamiento real del camión en la mina Bayovar. Desarrollar un plan de mantenimiento. (Gálvez, 2016).

“El mantenimiento centrado en confiabilidad permite desarrollar un plan basado, en un análisis llamado FMEA (Análisis de modos y efectos de falla). Esta matriz nos permite desarrollar planes de mantenimiento basados en la falla de sistemas y subsistemas”. (Gálvez, 2016).

Título: "Evaluar los costos de mantenimiento correctivo para determinar el mejor tiempo de reemplazo para los camiones volquete FAW CA3256 en ICCGSA". Autor: David Torres Seguil.

Fecha de publicación: Huancayo en 2014.

Objetivo: "Determine el período óptimo de reemplazo de FAW CA3256 al evaluar los costos de mantenimiento fijo en los ingenieros civiles y los contratistas generales de la compañía. S.A.". (Sequil, 2017).

"Con base en los datos recopilados de FAW, se ha encontrado el mejor tiempo de reemplazo, lo que brinda a la empresa una forma de reducir la incertidumbre en la toma de decisiones con un soporte técnico confiable". (Sequil, 2014).

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Gestión de mantenimiento

"La gestión de mantenimiento es una serie de operaciones diseñadas para garantizar la continuidad de las actividades operativas y evitar retrasos en los procesos causados por máquinas y fallas en el equipo". (BSG Institute, 2019)

La gestión de mantenimiento es muy importante, ya que puede reducir los costos que optimizan el consumo de material y el uso del trabajo. Por lo tanto, es necesario estudiar el modelo organizativo que sea mejor adecuado para las características de cada empresa.

Además es necesario analizar el impacto de cada equipo en el desempeño de la compañía para que la mayoría de los recursos estén destinados a estos equipos con un mayor impacto.

Asimismo es necesario estudiar el consumo e inventario de materiales utilizados para el mantenimiento y es necesario maximizar la disponibilidad de equipos, en lugar de maximizar la disponibilidad, no para afectar el plan de producción. (BSG Institute, 2019)

La gestión de mantenimiento se enfoca dentro de un contexto administrativo para poder cumplir con la gestión y operación. Es decir que las funciones técnicas, métodos, tecnología, información y herramientas del tipo administrativo que combinadas con el recurso humano y recurso financiero permiten establecer

objetivos para lograr la prevención de fallas y deterioros de un equipo durante la ejecución efectiva del mantenimiento.

Para manejar una adecuada gestión de mantenimiento orientado hacia una mejora continua es necesario que las actividades sean dirigidas y controladas de manera sistemática, computarizada y transparente. Para disponer una buena organización y gestión de recursos es necesario mantener buenas relaciones dentro del marco integral de la empresa y el control de producir recursos para crear buenos servicios obtener mejores niveles de mantenimiento al menor costo posible.

Para responder a una eficiente gestión de mantenimiento es necesario aplicación de tecnología para controlar procesos de mantenimiento, entre estas técnicas tenemos las siguientes:

- Técnicas cuantitativas o estadísticas que fundamentalmente comprende el análisis de la confiabilidad del equipo mejora la determinación del equipo de mantenimiento, entre otros.
- Técnica cualitativa que implica fundamentalmente comprende el análisis de criticidad, análisis de modelos y efectos fallas, entre otros.

Dimensiones de la gestión de mantenimiento

a) Mantenimiento preventivo

“Consiste en realizar tareas de inspección periódicas planificadas y programas (frecuencia de mantenimiento) con el fin de detectar a tiempo un evento de falla o una condición no estándar del equipo”. (Ramos, 2018)

Se realiza "mantenimiento calificado" antes de que ocurra la falla, se ejecuta en condiciones controladas y no hay errores en el sistema. (Ramos, 2018)

b) Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento también se denomina "mantenimiento reactivo", se realiza después de una falla, es decir, solo funciona si el dispositivo falla. En este caso, si no hay fracaso, el mantenimiento estará vacío, entonces debe esperar hasta que ocurra el daño antes de tomar acciones correctivas". (Ramos, 2018).

c) Mantenimiento predictivo

“Es el tipo de mantenimiento que predice una falla o estado sub estándar de un equipo, este mantenimiento es efectivo, pero tiene un alto costo de inversión”. (Ramos, 2018).

“El objetivo es reducir el tiempo de inactividad del mantenimiento correctivo, minimizando los costos de mantenimiento y falta de producción, cabe resaltar que para este mantenimiento requiere de personal calificado y herramientas de medición ". (Ramos, 2018).

Funciones manejo de mantenimiento.

Función de planificación

Estas actividades se llevan a cabo en el marco del sistema de operación de producción y están relacionadas con las siguientes actividades:

- Análisis de información.
- Definir necesidades y metas.
- Planificar actividades de mantenimiento.
- Definir recursos, personas, materiales, espacio y tiempo (Márquez, 2010)

Está orientado hacia los grupos de planificadores a fin de hacer programas diarios y mensuales de mantenimiento preventivo y correctivo con la supervisión respectiva.

a) Función técnica

"Este es responsable del trabajo técnico, por ejemplo

- Identificar el problema y encontrar una solución técnica.
- Definir métodos de trabajo.
- Análisis de contratos, costos y medios de ejecución del mantenimiento"

(Márquez, 2010)

La programación deberá ser formulada apropiadamente y aprobado por el supervisor para asegurar el control técnico y financiero.

b) Función de ejecución

"Los gerentes de la implementación de obras de mantenimiento programadas y de emergencia incluyen:

- Organizar el trabajo diario.
- Proporcionar materiales y equipos.
- Seguridad en el trabajo diario.
- Medición y registro de datos.
- Supervisar y controlar el trabajo diario " (Márquez, 2010)

La programación se realizará de acuerdo registro de información y manuales que asegure un buen historial del mantenimiento en cuanto a fallas, con la debida supervisión y seguimiento de trabajo diario.

c) Función de control

"Este es el trabajo realizado sobre los resultados de la implementación, que incluye:

- Procesar los datos generados por la ejecución mediante técnicas estadísticas.
- Analizar los resultados de la ejecución.

-Definir la brecha entre metas y resultados del plan.

-Definir el problema en el marco del sistema productivo". (Márquez, 2010)

Monitoreo por parte de la supervisión durante todos los trabajos para el control apropiado de tiempos de mantenimiento

d) Función de mejora

"Este es el trabajo realizado sobre los resultados de la implementación, que incluye:

-Procesar los datos generados por la ejecución mediante técnicas estadísticas.

-Analizar los resultados de la ejecución.

-Definir la brecha entre las metas y los resultados del plan.

-Definir el problema en el marco de SP". (Márquez, 2010)

Se realiza una estructura eficaz para administrar los recursos para mantenimiento, con el fin de disminuir costos de mantenimiento y reducir las tasas de falla de los sistemas.

2.2.2. Indicadores de mantenimiento mundial

a) Tiempo medio entre fallas (MTEF)

Tiempo medio entre fallos MTBF: "Este es el tiempo medio del equipo o maquina cumple su trabajo sin falla funcional alguna hasta la aparición de una avería, nos visualiza que paradas son las más frecuentes para un proceso, es un indicador de confiabilidad". (Ramos, 2018)

"MTBF es el tiempo promedio entre fallas de un sistema reparable con una tasa de fallas constante. Cuanto mayor sea el tiempo medio entre fallas (MTBF), el producto lo hará". (Minitab, 2019)

$$MTBF = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Horas de Operación}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

Fuente: Libro (Tavares, n.d.)

b) Tiempo medio de reparación (TMDR)

Calculated or average time to repair MTTR: "Este es el tiempo promedio para restaurar equipos o maquinaria después de una falla funcional, incluido el tiempo de evaluación, tiempo lógico, tiempo de reparación hasta tener el equipo operativo". (Ramos, 2018)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de Reparaciones}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

Fuente: Libro (Tavares, n.d.)

2.2.3. Indicadores de gestión

"Indicadores de gestión como instrumento de Benchmarking para comparar el trabajo de los equipos con las condiciones de trabajo de otros equipos en otra mina con mejores o peores condiciones de trabajo". (Ramos, 2018).

"También sirven como herramienta de mejora ya que puede incrementar una actividad adicional en el plan de mantenimiento que fue detectado en una falla repetitiva". (Ramos, 2018).

a) Disponibilidad

"La usabilidad es una característica que permite una estimación global del porcentaje del tiempo total que un equipo puede esperar para completar su función principal prevista.

Al estudiar los factores que afectan la disponibilidad, a través del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) de estos indicadores, los altos directivos pueden evaluar diferentes medidas para lograr mayores ganancias. Su sistema de producción”. (Pistarelli, 2017).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Fuente: Libro (Tavares, n.d.)

b) Confiabilidad

“Que Es cuando un componente, equipo o sistema trabaja sin fallas o averías de acuerdo a lo esperado en su vida útil o mantenibilidad indicado por el fabricante. Se puede definir también se refiere a la probabilidad de que el componente, el equipo funcionará sin fallas dentro de un período específico y en condiciones específicas indicadas”. (Ramos, 2018).

2.2.4. Benchmarking en mantenimiento

a) Benchmarking

"En comparación con las empresas que se consideran las mejores de su clase en un entorno local o global, este es un proceso continuo de medición y mejora de las prácticas comerciales". (*Mantenimiento LA: El Benchmarking En Mantenimiento.*, 2012)

b) Proceso de Benchmarking

Fase de planificación

"El primer paso es determinar qué proceso de producción o servicio se compara. El método clave descubrirá el espacio para mejorar.

El segundo paso es identificar las empresas que se pueden utilizar como puntos de referencia de investigación. En este punto, también es importante

determinar qué tipo de benchmark se aplicará: interno, competitivo, funcional o general.

El tercer y último paso de esta etapa es determinar cómo recopilar datos. Este paso debe completarse antes de establecer contacto con posibles competidores”. (Hernández y Cano, 2017)

Fase de análisis

“El primer paso es determinar la brecha de desempeño actual. Consiste en identificar que prácticas realiza la competencia y que puedan beneficiar a nuestra compañía. Los resultados pueden determinar que tenemos una brecha negativa, positiva o con operaciones en paridad.

El segundo paso es idear los niveles de desempeño futuros. Se puede hacer uso de una gráfica y en ella se reflejará la diferencia entre el desempeño futuro esperado con lo mejor de la industria”. (Quintana, 2016)

Fase de integración

“Este es el proceso de determinación de metas con base en los resultados de la encuesta. Lo importante es que una vez formalizado y estructurado por los miembros del equipo de evaluación, se puede producir un informe que nos permita comprender las decisiones que se han tomado.

Es importante establecer una estrategia de comunicación, liderada por iniciativas de cambio y mejores prácticas seleccionadas, y explicar a los socios cómo lograrán este objetivo. (Quintana, 2016)

Fase de acción

"Primero, se desarrollará un plan de acción. Entenderá el desarrollo de un plan de acción que especifique cómo los hechos excederán

El segundo paso es tomar medidas y monitorear el progreso. Por ello, es necesario formular lineamientos de implementación y supervisores para asegurar que estas acciones logren buenos resultados”. (Quintana, 2016)

2.2.5. Jerarquización de equipos

Análisis de criticidad de equipos

Herramienta donde se identifica el estado o situación de los sistemas sobre la cual se tiene que intervenir de manera anticipada para prevenir fallos potenciales, ayudando en la determinación un proceso manejado de manera controlada, para que cumpla su función durante el contexto de disponibilidad.

"El análisis crítico es un procedimiento que se puede usar para establecer una jerarquía o prioridad de procesos, sistemas y dispositivos para crear una estructura que ayude a tomar decisiones correctas y efectivas y en las áreas más importantes y/o de mejora. Recursos. Cuando distinguir el Diferencia, realizamos un análisis crítico”. (Espinoza, 2018, p. 33)

Actualmente, los recursos de mantenimiento se centran principalmente en fallas ocasionales y a largo plazo. El primer factor puede ser aquellos que afectan el plan (urgencia) o problemas que no se producen con frecuencia en la computadora.

Por otro lado, las crónicas aparecen tan a menudo que incluso se descuidan fácilmente. En estos métodos, generalmente desempeñan un papel, en lugar de la primera causa de ellos, para que el fallo adicional sea inminente. (Villanueva, 2019, p. 36)

"El significado del equipo es el método de consideración en el plan de mantenimiento del equipo más importante de la compañía. Los criterios más

importantes se preocupan: los costos de producción, operación y mantenimiento, la tasa de falla y el tiempo de reparación. (Barrientos, 2017, p. 26)

La criticidad desde un punto de vista matemático, se establece mediante la fórmula crítica que viene a ser la frecuencia multiplicada por la consecuencia. Se expresa como:

$$CRITICIDAD = FRECUENCIA \times CONSECUENCIA$$

Donde:

FRECUENCIA: Numero de fallas en un determinado tiempo

CONSECUENCIA: ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo Mantenimiento + Impacto Seguridad Ambiente e Higiene).

Tabla 2. Matriz general de criticidad

Frecuencia	4	SC	SC	C	C	C
	3	SC	SC	SC	C	C
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		10	20	30	40	50
		Consecuencia				

Fuente: Adaptado a (Morales, n.d.)

(Morales, n.d.)

Áreas de criticidad:

- Sistema no crítico (NC): Menor la intensidad del riesgo asociado con el valor crítico del sistema.
- Sistema de Semi Crítico (SC): Mediana la intensidad del riesgo asociado con el valor crítico del sistema.
- Sistema de sistema Crítico (C): Alta intensidad de riesgo relacionado con el valor de criticidad del sistema.

Asimismo, se muestra el factor de ponderación de cada criterio evaluado por la expresión de criticidad, con valores individuales para cada factor. Los factores son: Frecuencia de fallas (F.F), impacto operacional (I.O), flexibilidad operacional (F.O), costo de mantenimiento (C.M), impacto en seguridad, medio ambiente e higiene (S.A.H). La siguiente tabla muestra.

Tabla 3. Factores de ponderación de criticidad

FRECUENCIA DE FALLAS (F.F)	
Pobre mayor a 10 fallas al año	4
Promedio de 5 a 10 fallas por año	3
Buena de 1 a 5 fallas por año	2
Excelente menos de 1 falla al año	1
IMPACTO OPERACIONAL (I.O)	
Para inmediata programación a la vez	10
El sistema o subsistema se apaga y entra en vigor en otro sistema.	7
Afectar la producción o el nivel de calidad.	4
No tendrá ningún impacto significativo en las operaciones.	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (F.O)	
Sin opciones de producción, sin funciones alternativas	4
Hay opciones de copia de seguridad de repositorio / compartido	2
Proporcionar opciones de reemplazo	1
COSTO DE MANTENIMIENTO (C.M)	
Mayor o igual a S/. 2000	2
Menor a S/. 2000	1
IMPACTO SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE (SAH)	
Afectar la seguridad del personal interno y externo	8
Afectar el medio ambiente / las instalaciones	7
Causar daños menores (entorno seguro)	5

Provoca daños menores (seguridad-ambiente)	3
No causará ningún daño al personal, las instalaciones o el medio ambiente.	1

Fuente: Adaptado a (Parra Márquez y Crespo Márquez, 2012)

Tabla 4: Formato de resultado de análisis de criticidad

Equipo	F.F.	I.O.	F.O.	C.M.	S.A.H.	Consecuencia	Criticidad

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

F.F: Frecuencia de falla

C.M: Costo de mantenimiento

I.O: Impacto operacional

S.A.H: Impacto Seguridad, ambiente e

F.O: Flexibilidad operacional

higiene

2.2.6. Principio de Pareto

"El análisis de Pareto es correcto elementos o factores según su contribución a un del propósito de la comparación es compartir estos elementos o factores en dos categorías: elementos muy importantes en la contribución y varios como regla general, se utiliza para determinar el nivel de falla de componente que incluye sus costos o desempleo o inactividad. (En el mantenimiento). (Ausencorylsones, 2019), determinado efecto.

El análisis de Pareto en equipos o sistemas apoyo a determinar principalmente dos cosas:

- Cuáles son los equipos o sistemas en los que ocurren la mayor cantidad de fallas, es decir, aquellos que reportan mayor tiempo de paros.

- Cuáles son las fallas más recurrentes en los equipos o sistemas, es decir, qué porcentaje del total de fallas son del mismo tipo.

"Este es el control de calidad y la gestión en la cadena de producción. Si el 20% de las deficiencias causan el 80% de los problemas, es de interés trabajar duro para resolver deficiencias problemáticas para mejorar la calidad. Los mismos tipos de otras aplicaciones son igualmente efectivas.

El 20% del tiempo de configuración de la máquina puede resolver el 80% de los problemas. El 20% de la cadena de producción produce el 80% del producto final". (Pacheco, 2018, p. 41)

2.2.7. Análisis, modo y efecto de falla

"Este es un método para identificar, evaluar y prevenir posibles fallas e impactos en procesos, sistemas o equipos. La realización de un análisis de impacto y un fallo estructurado correctamente implica la cooperación en el campo de la explotación y el mantenimiento". (Huancaya, 2016)

"Las etapas básicas necesarias para desarrollar un análisis de modos y efectos de falla (FMEA) son:

- Define el equipo para evaluar.
- Determinar las funciones de cada equipo
- Determinar la disfunción.
- Determinar el modo de falla. "

(Valdez Garcia, 2017)

"En el análisis confiable, MTBF es el tiempo promedio entre fallas de un sistema reparado con una tasa de fallas constantes. Cuanto más alto sea el MTBF, más confiable será el producto. (Minitab, 2019)

AMEF, es un procedimiento que se puede utilizar para identificar y evitar fallas, conocer el proceso de fallas, identifica los efectos, determinar las fallas potenciales durante los procesos de mantenimiento, el AMEF mediante la recolección de información permite anunciar a la empresa u organización acerca de las operaciones específicas por cada sistema.

a) Función del equipo

Es el fin bajo estándares y parámetros de eficiencia por la cual ha sido elaborado

b) Fallas funcionales

Identifican la ocurrencia de estados indeseados del sistema, tiene como consecuencia la incapacidad para satisfacer su función principal.

c) Modos de falla

"El modo de falla es la causa de la forma posible en la que el sistema puede fallar. Cuando el sistema tiene múltiples regímenes fallidos, tendrá múltiples regímenes de riesgo de competencia. Cuanto más complejo el sistema, más regímenes de falla. Por ejemplo, una alarma de incendio residencial puede fallar debido a una batería descargada o cableado incorrecto, detector defectuoso. Un avión puede tener muchos modos de falla". (Minitab, 2019).

Se produce debido a las distintas formas o maneras en que un sistema puede fallar, capaz de generar una pérdida debido a la continuidad del mal funcionamiento.

d) Efecto de falla

Se determina por cada modo de falla analizado. Describe las consecuencias que provoca modo de falla, esta información es una amenaza para el equipo y su proceso de funcionamiento.

Determinación de Índice y prioridad de riesgo (IPR)

"Multiplicar el grado de evento, gravedad y descubrimiento, es un valor que produce una jerarquía de los problemas. Nota que cada tipo de falla debe ser atacado para determinar la prioridad de los elementos críticos". (Pacheco, 2018, p. 29)

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el IPR de acuerdo a la fórmula:

$$IPR = O \times S \times D$$

O: índice de ocurrencia

S: Índice de severidad

D: Índice de no detección

Cálculo de índice de prioridad de riesgo

“Los derechos de propiedad intelectual permiten evaluar diferentes niveles de riesgo y clasificar los riesgos según su prioridad. Estas prioridades determinan qué medidas correctoras deben tomarse para reducir los correspondientes IPR”.

(Campos, 2018, p. 30)

- 500 – 1000 : Alto Riesgo de falla
- 125 – 499 : Riesgo de falla Medio
- 1 – 124 : Riesgo de falla bajo
- 0 : No existe riesgo de falla

Se deben atacar los problemas IPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia no importando si el IPR es alto o bajo.

Índice de ocurrencia (O)

La probabilidad de falla es uso o en el proceso de elaboración. El valor 1 es una ocurrencia muy remota y el valor 10 ocurrencias concurrentes, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Escala de evaluar la ocurrencia en el AMEF

Índice de ocurrencia (O)		Valor
Escasa	Este modo de falla es producido por la posibilidad de la causa	1
	Establecer mantenimiento preventivo.	
	Experiencia no concurrente o muy remota	
Baja	Este modo de falla es producido por la posibilidad de la causa	2-3
	Establecer mantenimiento preventivo y autocontrol.	
	Experiencia no paralela o muy remota.	
Mediana	Este modo de falla es producido por la posibilidad de la causa	4-5
	Determinar que el mantenimiento preventivo y el autocontrol son ineficaces.	
	Experiencia paralela	
Alta	Este modo de falla es producido por la posibilidad de la causa	6-7-8
	No se estableció un control automático	
	Experiencias paralela.	
Muy Alta	Este modo de falla es producido por la posibilidad de este motivo.	9-10

	No se establece mantenimiento preventivo y control automático.	
	Experiencias paralela.	

Fuente: (Moubray, 2000)

Índice de severidad (S)

Es la gravedad de un fallo, esta valorizado del 1 al 10, donde el valor uno es una severidad escasa mientras que el valor 10 es muy alta, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Escala de evaluar la severidad en el AMEF.

Índice de Severidad (S)		Valor
Escasa	Es posible que la falla del equipo no cause problemas de seguridad o ambientales en el área circundante.	1
	La falla del equipo no afecta las especificaciones ni el rendimiento del producto	
	Sin tiempo de inactividad	
Baja	La falla del equipo puede causar algunos problemas menores de seguridad o ambientales en el área circundante.	2-3
	La falla del equipo afectará levemente las especificaciones o el rendimiento del producto.	
	Menos de 15 minutos de inactividad debido a fallas.	
Moderada	La falla del equipo puede causar algunos problemas de seguridad o ambientales en el área circundante.	4-5-6
	La falla del equipo puede resultar en una cantidad moderada de productos por encima de las especificaciones o afectar moderadamente el rendimiento.	

	El tiempo máximo de interrupción causado por fallas en el equipo es de 15 minutos a 1 hora.	
Alta	La falla del equipo puede causar algunos problemas de seguridad o ambientales en el área circundante.	7-8
	La falla del equipo puede resultar en una cantidad moderada de productos por encima de las especificaciones o afectar moderadamente el rendimiento	
	El tiempo máximo de interrupción causado por fallas en el equipo es de 1 hora a 4 horas.	
Muy Alta	El fracaso del equipo puede causar graves problemas ambientales o de seguridad en el área circundante.	9-10
	La falla del equipo puede causar una gran cantidad de salida de especificación o afectar el rendimiento.	
	El tiempo de inactividad causado por fallas en el equipo puede ser de 4 horas o más	

Fuente: (Moubray, 2000)

Índice de no Detección (D)

Esta es la probabilidad antes de que no se detecte la falla que suceda; esta valorizado del 1 al 10, donde 1 es una no detección (D) escasa mientras que el valor 10 es muy alta como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Escala para evaluar la no detección.

Índice de No Detección (D)		Valor
Remota	No se puede detectar la posibilidad de este modo de falla	1
	El control está diseñado para detectarlos, pero puede ignorarse.	
	Se puede reparar sin afectar la producción.	

Poca	Posibilidad de defectos indetectables.	2-3
	El control está diseñado para detectarlos, pero puede ignorarse	
	Puede repararse afectando la producción	
Mediana	Posibilidad de defectos indetectables	4-5-6
	Hay un control que lo detecta, pero no se aplica	
	Puede repararse afectando la producción	
Alta	Posibilidad de defecto, posible descubrimiento	7-8
	El control no está diseñado para detectarlo, pero puede detectar defectos.	
	Puede repararse afectando la producción	
Muy Alta	Posibilidad de defecto, posible descubrimiento.	9-10
	El control no está diseñado para detectarlo y el efecto definitivamente pasará	
	Puede repararse afectando la producción	

Fuente: (Moubray, 2000)

Hoja de información de análisis de modo y efecto de falla

Esta muestra los diferentes estados de falla y los eventos que podrían causarlo. Una vez conocido los modos de falla que ocurre en un sistema se puede tomar acciones de acuerdo a las recomendaciones de fabricante, se puede proponer estrategias adecuadas que permitan responder de manera precisa a las necesidades de cada componente.

La hoja de información está elaborada de la siguiente manera: Función, Falla funcional, modo de falla, impacto de falla, índice de severidad, tasa de ocurrencia, índice sin detección.

Análisis causa raíz

"Las fallas de los componentes pueden ser causadas por diferentes errores en la operación, mantenimiento o diseño. Esta metodología puede determinar la causa de un problema se basa en el siguiente principio: es mejor eliminar la causa, no solo los síntomas del evento.

Si es posible enfocarse en la causa del problema, se espera reducir la posibilidad de fallas repetidas". (Huancaya, 2016).

Evaluación de nivel de conocimiento del personal de mantenimiento

El departamento de mantenimiento de la oficina de servicio de equipo mecánico es la encargada de realizar y tomar acciones de mantenimiento diario, semanal, mensual y anual que son necesario para el funcionamiento normal de la máquina.

La oficina de equipo mecánico cuenta con personal con cargos para cumplir con los procedimientos de producción en un tiempo determinado, se dispone de persona profesional como jefe de taller, administrador, personal encargado de equipo pesado, equipo liviano, operaciones, valorizaciones en total de 8 profesionales para realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Se realizó una encuesta de 15 preguntas para conocer temas de gestión de mantenimiento.

La información obtenida sirve para evaluar el estado situación y busca establecer el estudio de indicadores de gestión de mantenimiento para los volquetes volvo FMX-400.

La siguiente tabla muestra el formato, las preguntas formuladas para la gestión de mantenimiento

Tabla 8: Formato de encuesta al personal de mantenimiento

Numero de Ítems	Preguntas	Respuestas	
		SI	NO
Item 1	¿El personal de mantenimiento ha recibido formación permanente en nuevas tecnologías?		
Item 2	¿Se planifica el trabajo de mantenimiento?		
Item 3	¿Se revisan periódicamente el estado del inventario y sus documentos?		
Item 4	¿Existe un gran stock de repuestos en el almacén de mantenimiento?		
Item 5	¿Los empleados reciben formación periódica sobre seguridad y prevención de accidentes?		
Item 6	¿El personal recibe formación en seguridad y prevención de accidentes de forma regular?		
Item 7	¿Sabes el significado de disponibilidad?		
Item 8	¿Ha implementado este tipo de mantenimiento?		
Item 9	¿Conoce el significado del tiempo medio entre fallos (TMEF) y cómo determinarlo?		
Item 10	¿Conoce el significado del tiempo medio de reparación (TMDR) y cómo determinarlo?		
Item 11	¿Conoce el significado del análisis de criticidad y cómo aplicarlo?		
Item 12	¿Conoce el significado de fallas funcionales?		

Item 13	¿Conoce el significado de modo de falla y análisis de fallas?		
Item 14	¿Conoce la distribución de probabilidad que se usa para determinar la disponibilidad y confiabilidad de un equipo?		
Item 15	¿Conoce el significado del costo total disponible del equipo y cómo determinarlo?		

Fuente: adaptado a (Becerra y Paulino, 2012)

La encuesta respondida fue por el personal de oficina, un total de 12 personas del área de equipo mecanico. Los resultados se obtienen en porcentaje por cada pregunta respondida. El resultado de conocimiento fue alto.

Para determinar la confiabilidad de esta investigación es necesario contar con instrumento de medición validado para la gestión, se empleó el coeficiente KR-20 Kuder – Richardson que estima la confiabilidad. El diseño del cuestionario propuesto consta de 15 preguntas sobre gestión de mantenimiento, todas las preguntas tienen la opción de respuesta dicotómica (si/no), se asignó un punto por cada respuesta correcta evaluando el conjunto del ítem proporcionado.

Para la validación del cuestionario se aplicó la fórmula de Kuder Richardson para respuestas dicotómicas con sus respectivos valores y niveles de confiabilidad de Kuder Richardson se considera los ámbitos que abarca la gestión de mantenimiento.

A continuación según (Hernández Sampieri et al., 2014), se muestra la formula del coeficiente KR-20 de Kuder Richardson:

$$Kr = \frac{K}{K - 1} \left(1 - \left[\frac{\sum p * q}{\sum St^2} \right] \right)$$

Donde:

Kr: Coeficiente de confiabilidad.

K: Es la cantidad de ítems del instrumento.

$\sum p^*q$: Es la sumatoria de la varianza por ítems.

$\sum St^2$: Es la varianza de los valores totales.

2.2.8. Proceso de mejora para la gestión de mantenimiento.

La propuesta de mejora

La propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento de los equipos críticos y no críticos de los volquetes FMX-440 se fundamenta principalmente en los siguientes aspectos.

- Determinar el tiempo para la planificación y programación del mantenimiento preventivo o correctivo de los volquetes, en base a una disponibilidad proyectada de valor próximo o mayor al 93% a 95% para los mismos, con lo cual se garantiza una alta probabilidad de operatividad
- Realizar una evaluación de mantenimiento orientado a mejorar la disponibilidad de los volquete FMX y por ende el estado situacional de los mismos.
- Proponer un método de gestión para cada uno de los volquetes en base a una propuesta de tiempo optimo de mantenimietno.

Sin embargo se analizara a travez de una evaluación en tiempos mas recomendable para mantenimiento de los equipos críticos. Se evalua la incidencia en condición

actual con y sin mejora continua para que el área correspondiente utilice para los ciclos de mantenimiento.

La ejecución de esta investigación también contempla Desarrollar el análisis de modos y efecto de fallas – AMEF para anticipar niveles de riesgo de los volquetes volvo FMX. Con el fin de hacer mas efectivoel AMEF los sistemas se dividen en subsistemas (detallado) de acuerdo a niveles de estudio, se toma en cuenta la significancia: de los sistemas con respecto a la eficiencia del componente y el factor de operación. El nivel de vulneabilidad: de acuerdo a la probabilidad de falla o que deje de cumplir su función, y detección de falla: para prevenir que ocurran fallas y que dañen otros componentes.

Método de investigación

El método de gestión de mantenimiento se ha convertido en un tema de investigación y discusión fundamental para alcanzar un buen desempeño en la gestión de mantenimiento, la gestión de mantenimiento incluye las actividades destinadas a determinar el objetivo y prioridad del mantenimiento.

Este método de gestión de mantenimiento para evaluar la disponibilidad ofrece integrar una secuencia de técnicas y análisis de la información disponible en los registros de fallas en los equipos. Después de examinar los motivos por los cuales los volquetes permanecen inoperativos y que no cuenta con registros de evaluación de disponibilidad y los diversos procesos del mantenimiento con la intención de conceptualizar nuevos procesos y cuantificar la disponibilidad, es que se toma las siguientes etapas:

- Presentar una gestión de mantenimiento orientado a la evaluación de la disponibilidad los equipos.
- Identificar los sistemas críticos de los componentes y equipos utilizando el análisis de criticidad.
- Desarrollar el análisis de modos y efecto de fallas – AMEF para anticipar niveles de riesgo de los equipos.

Proceso de evaluación y análisis del sistema

Para evaluar la disponibilidad en un proceso, es necesario conocer los sistemas y subsistemas, tener una base de datos que permita dar inicio para un método de mantenimiento. Se clasifica la maquina por sistemas, componentes y así poder iniciar el estudio, cálculos y la realización de un análisis que permita evaluar el comportamiento de forma sistemática a fin de poder determinar la disponibilidad y la continuidad operacional.

El método adoptado en la presente tesis se basa en el análisis que abarca la disponibilidad, así como cálculo de criticidad, modos de falla y NPR, se han utilizado para establecer resultados de mejora aportados para cada equipo. Además, se utiliza el análisis de criticidad para obtener aspectos operativos y niveles de impacto en seguridad, medio ambiente, producción y mantenimiento.

Se desarrolla el análisis de modos y efecto de fallas para anticipar niveles de riesgo de los diferentes parámetros de ponderación y rango de NPR que sirven para diferenciar su valoración según características del equipo.

Identificar el sistema y equipos de niveles de disponibilidad

La aplicación de la estadística del suministro de información de tiempos planeado o no planeado al mantenimiento permite determinar con mayor evidencia

la disponibilidad y extender la vida útil para un sistema, y disminuir al máximo el tiempo improductivo en las maquinas.

Con ello se indica la forma de conseguir resultados para evaluar la disponibilidad y gestión de mantenimiento asignados y con ello también encontrar necesidades de desarrollo de algunas partes. Definir el análisis de la jerarquización de equipos ayuda a visualizar como se va a trabajar paso a paso y obtener los resultados deseados. La base de datos de la AMEF aporta mejoras de valor considerable al método de disponibilidad.

El propósito de incluir un método de gestión de mantenimiento en los equipos es prever, evaluar y analizar las fallas para anticipar los niveles de riesgos y para mantener los equipos operativos a los niveles de disponibilidad.

Planeamiento y mantenimiento

Estudio de condiciones actuales

"Se refiere a comprender e investigar las condiciones de funcionamiento del equipo involucrado. Estos datos incluyen: el número de equipo, el número de personal de producción y mantenimiento, el programa de producción, el entorno de trabajo del equipo y el área específica de actividades de mantenimiento." (Quintana, 2016, p. 28)

Se debe considerar un monitoreo de estos datos de forma periódica o continua para lograr una óptima gestión de mantenimiento.

Recopilación de información técnica.

"En cuanto a la información, el paso más importante es recolectar información del equipo. En este paso, es necesario contar con catálogos, tablas técnicas, y cualquier otra información similar relacionada con esto, que indique

condiciones normales de trabajo, datos generales del equipo, tipo de fuente de alimentación, capacidad, potencia, tamaño, repuestos recomendados por el fabricante ". (Quintana, 2016, p. 29)

Dentro de la recopilación de información se debe considerar como objetivo la vigilancia del equipó, protección del equipo, diagnóstico de fallos, pronóstico de esperanza de vida, se debe contar con los manuales de partes y manual de mantenimiento para optimizar los mantenimientos preventivos y plasmarlo en los registros por cada máquina intervenida.

Reorganización de la hoja de vida

"Con la información recopilada por equipos y máquinas, es necesario crear un currículo para cada equipo. Esta información incluye: frecuencia, datos generales, piezas de copia de seguridad, actividades, nivel de mantenimiento, etc. (Quintana, 2016, p. 29)

Programación de intervenciones

"Un buen plan de mantenimiento proviene de la calidad de la información en el currículum del equipo, porque de ahí depende: el plan de actividades de todo el personal de mantenimiento según el fabricante, el tiempo disponible para las intervenciones de conservación, se requiere el tiempo, las partes de la reserva para usar y el costo de estas actividades como resultado". (Quintana, 2016, p. 29)

Inspecciones semanal y mensual de acuerdo a las condiciones de trabajo y manuales de mantenimeitno

La inspección se implementa en base a una causa raíz del estado situacional de los volquetes y tomar las medidas correcticas de la probabilidad de fallas. El cronograma de inspección deberá contener los sistemas y subsistemas que

considere los estándares del manual de reparación y mantenimiento del volquete, y de acuerdo a las condiciones de trabajo que realice, para realizar inspecciones se debe contar con recurso humano con conocimiento en gestión de mantenimiento y contar con las herramientas de trabajo de acuerdo a la inspección de trabajo.

Stock de repuestos

Obviamente, una vez que se define el plan de mantenimiento, cuántas piezas de repuesto se conocerán de antemano, se les pedirá que cumpla con el plan en un determinado período de tiempo. La hoja de vida indica el número de piezas de repuesto y la cantidad requerida para desarrollar un presupuesto para el plan anterior. Por otro lado, si es posible, si es posible, es necesario estimar las piezas requeridas para el mantenimiento de la corrección por estadísticas. (Quintana, 2016, p. 29)

Se tiene que tener actualizaciones de información de los proveedores y los repuestos e insumos periódicos. Para este caso tener presente implantar un modelo de inventario e identificación de equipos actualizado. Un banco de datos será un medio de información útil para recurrir como fuente de consulta.

Equipos de servicio y soporte para mantenimiento

“Además de las piezas de repuesto necesarias para completar las actividades de mantenimiento, también es necesario determinar qué equipos y herramientas se necesitan para respaldar estas actividades. Estos equipos auxiliares deben cumplir con las normas y especificaciones dadas por el fabricante.” (Quintana, 2016, p. 30).

Diseño y creación de sistema de información

“Independientemente de que el sistema de información creado para la empresa sea manual o digital, se deben definir los canales generales, formatos, indicadores de gestión, registro y control documental”. (Quintana, 2016, p. 30)

Estudio de impacto del plan de mantenimiento

"Hasta ahora, el plan de mantenimiento ha estado en curso. Hasta ahora, no se han realizado cambios ni implementaciones en este tema". (Quintana, 2016, p. 31)

"Por este motivo, se recomienda encarecidamente estudiar todas las variables recomendadas antes de iniciar la implementación. La recomendación es que cualquier cambio en las actividades normales de la empresa represente un impacto que producirá cambios o reacciones en otras dependencias. Como resultado, luego se anunciará el cronograma, procedimientos, ajustes y métodos que se deben implementar para reducir el impacto en la gestión y las operaciones”. (Quintana, 2016, p. 31)

Un plan de mantenimiento busca el desarrollo de una mejor propuesta que tenga por objetivo el mejor desempeño en las actividades de mantenimiento y que contribuya de manera la mejor opción para garantizar la disponibilidad continua del equipo.

Cálculo de presupuesto

No cabe duda de que cualquier cambio de gestión técnica de cualquier empresa supondrá una inversión en tiempo y dinero de una forma u otra. Por tanto, tras evaluar los puntos anteriores, ahora es posible calcular los gastos y costes que ocasiona el plan de mantenimiento. ". (Quintana, 2016, p. 31)

Impacto ambiental

“No cabe duda de que hay algún cambio en la planta de producción; donde la maquinaria afecta el medio ambiente de una forma u otra: productos químicos, procedimientos, residuos, etc. El estudio no se trata solo de comprobar que si el normal funcionamiento de los equipos es insuficiente, los cambios de mantenimiento pueden asegurar el medio ambiente. (Quintana, 2016, p. 31)

Cronograma de ajuste y/o implementación

"Según la situación y las circunstancias de la empresa, por lo que funciona, es necesario establecer un horario para el ajuste o la implementación del mantenimiento preventivo". (Quintana, 2016, p. 32)

Retroalimentación del plan de mantenimiento preventivo

"Para analizar el trabajo realizado hasta ahora, cree un método por el cual, con la ayuda del sistema de información, los resultados de la implementación o el ajuste del mantenimiento preventivo, así como los indicadores de gestión. Todo esto es aplicación. Teoría de mejora continua". (Quintana, 2016, p. 32)

Desarrollo de habilidades del personal de mantenimiento y administrativo

Determinación del personal de mantenimiento

“De acuerdo al número de actividades (preventivas y correctivas), turnos de empresa, actividades a realizar e información requerida en base a la tecnología de equipos, es necesario definir talentos (TH). (Quintana, 2016, p. 30)

Capacitación a talento humano

“Con el tiempo, se ha comprobado que la tecnología está en constante cambio y evolución, lo que obliga a los empresarios a formular planes de formación

periódicos para que los técnicos de mantenimiento tengan la capacidad suficiente para realizar las actividades". (Quintana, 2016, p. 30)

El personal de mantenimiento debe contar con capacitaciones de mecánica especializada y temas acerca de fallas. Esto servirá para que el personal pueda realizar un correcto mantenimiento y reducir los tiempos entre fallas.

El personal administrativo debe capacitarse en gestión de logística formas de trabajo y planificación de mantenimiento.

El coordinador o supervisor conjuntamente con el personal de mantenimiento y administrativo debe realizar sesiones de capacitación grupal referentes a benchmarking y habilidades humanas.

Inicio de ajuste organizacional o implementación

"Se ha elaborado un plan estratégico, se han programado los procedimientos y metas a seguir y el método de cronograma de ejecución". (Quintana, 2016, p. 32)

2.2.9. Disponibilidad en la gestión de mantenimiento.

- Mejorar la disponibilidad comprende la localización temprana de irregularidades en el equipo en tiempo real. El beneficio de implementación de rutinas preventivas de monitoreo minimiza los daños del equipo garantiza la mayor disponibilidad del equipo.
- A mayor disponibilidad de la maquina se obtiene mejor producción y rendimiento de activos, la meta es reducir o eliminar los tiempos muertos no programado. Llevar un mantenimiento adecuado beneficia la calidad y la tasa de producción obteniendo mejores márgenes de ganancia en los costos directos e indirectos de producción.

- Realizar un benchmarking de disponibilidad en el área de administración y planeamiento que comprende auditorias, inspecciones y planes de acción. Realizar control de riesgos mediante planes preventivos para minimizar los daños a los equipos.
- Realizar un benchmarking de disponibilidad en el desarrollo de formulario de control de mantenimiento, informe de mantenimiento, identificación de numero de fallas y fuentes de información y aspectos que adopten un buen servicio preventivo dentro de un sistema de gestión de mantenimiento.

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

Actividad

Proceso de prueba, inspección o mantenimiento realizado sobre un tipo de equipo con el objetivo de alcanzar una meta.

Benchmarking

Proceso evaluación continua de servicios y flujo de trabajo para compararlos con otras empresas y posteriormente realizar mejoras.

Confiabilidad

Esta es la probabilidad de que un proyecto cumpla su función específica dentro de un período dado y en condiciones de operación. La confiabilidad no es una predicción, sino la probabilidad de que el proyecto funcione correctamente.

Disponibilidad

Esta es la posibilidad de que el proyecto deba realizar la función asignada cuando sea necesario. La disponibilidad de un proyecto no significa necesariamente que esté funcionando, sino que está funcionando realizar un trabajo.

Equipo

Conjunto de componentes mecánicos y/o eléctricos combinados para formar un sistema funcional, que permita desarrollar una actividad satisfactoriamente para mejoras de las operaciones.

Fallo

Es la pérdida total o parcial de las capacidades elementos para ejecutar sus funciones operativas desarrolladas.

Gestión de mantenimiento

Situación de gestión mantenga la dirección de la organización para que sigan ciertas políticas que asegure el proceso operativo de los activos conforme a lo programado. Sistema adecuado a un óptimo manejo de diferentes recursos para lograr un mantenimiento efectivo de los activos el corto o largo plazo.

Hoja de datos de maquinaria

Es un documento el cual contiene la historia de vida de la maquinaria especificando sus características y sus componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Indicadores de gestión

Un índice o valor que mide el grado de logro de una meta específica, que se usa continuamente a lo largo del ciclo de vida para evaluar el desempeño y los resultados. Representa la base para las acciones que se tomarán ahora y en el futuro.

Inspección

Evaluación, medida y prueba de los elementos de un equipo para determinar su aceptabilidad.

Mantenimiento

Es el conjunto de acciones tecnología destinada a mantener o restaurar artículos en buen estado con el propósito de asegurar que continúe con el rendimiento deseado dentro del contexto operacional determinado para extender su vida, asegúrese de estar seguro inversión optima de los recursos.

Manual de mantenimiento

Documento con información, datos, características, especificaciones técnicas y recomendaciones necesarios para el correcto mantenimiento del equipo. Además, contiene las instrucciones e información sobre diferentes procedimientos operativos de trabajo.

Manual de partes

Información, datos, características de los sistemas del equipo, detalle con codificación para su adquisición de repuesto

Maquina

Está compuesto por un conjunto de mecanismos y piezas móviles o fijas combinados para formar un sistema funcional que posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía para llevar a cabo un trabajo con una determinada misión.

Mejora

Los cambios realizados en un producto se pueden esperar o mejorar en su función.

Operación

La situación en la que el sistema está realizando su función. Equivalente a los términos y servicios en curso.

Proceso.

Conjunto de actividades en secuencia que se requiere para elaborar o transformar un recurso enfocándose en lograr un resultado específico. Los procesos pueden ser:

Probabilidad de falla

Posibilidad de que ocurra un determinado suceso que impida o deje de realizar la función para la cual un estudio de mercado, el mantenimiento de un equipo, investigación estadística. Fue diseñada en un intervalo de tiempo determinado.

Reparación

Consiste en restaurar el equipo a un estado aceptable con una restauración general o reemplazo de piezas desgastadas o dañadas.

Repuesto

Componente o piezas nuevos que se utiliza para reemplazar en un ítem que ha sufrido deterioro o avería y así poder mantener la continuidad operativa del mismo

Riesgo

Situación donde hay la posibilidad de cierto grado de daño y sus consecuencias negativas. Estos factores son amenazas y vulnerabilidades.

Sistema

Es un grupo de organizaciones y partes o elementos relacionados, conjunto cumplir una función específica.

Tiempo medio entre fallos (TMEF)

Se refiere al tiempo medio entre dos fallos forma continua y subsiguiente reparación del ítem, que se obtiene para un buen funcionamiento u operación continua en un tiempo determinado.

Tiempo medio de reparación (TMDR)

Distribución del tiempo de reparación del proyecto. Este indicador mide la efectividad de restaurar el equipo al mejor estado de funcionamiento cuando la computadora deja de funcionar debido a un cierto período de tiempo.

CAPITULO III

MÉTODO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es descriptiva y tiene como objetivo señalar los atributos y características importantes de grupos, poblaciones y comunidades, o cualquier otro fenómeno a estudiar porque consta de un procedimiento paso a paso que va definiendo una metodología, indicadores que comprueban como llegar a los objetivos y como se debe mantener en el tiempo. (Hernández Sampieri et al., 2014)

Es descriptivo porque calcula las características y condiciones del objeto de investigación, analiza e interpreta datos sobre la problemática actual, además procura explicar las propiedades de una o más variables que se identifican para la realización de este estudio.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Su diseño no experimental y transversal se recopila datos del área donde ocurrió el hecho en un solo momento, sin manipular o controlar variables. Es de tipo transeccional porque las condiciones del sitio donde se realizaron fueron en un determinado tiempo.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población se considera volquetes FMX-440 que se encuentran en funcionamiento ubicados en campo que pertenecen al Gobierno Regional de Puno.

La muestra está compuesta por los volquetes críticos y además con mayor probabilidad de falla que se hallan en el Gobierno Regional de Puno.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Técnicas de investigación

La técnica aplicada al proceso de recolección de datos es la observación directa de los casos o de los cuales se produce el fenómeno, su resultado se considera datos estadísticos originales.

Inspección de registros, análisis documental y encuesta al personal de mantenimiento. La encuesta sea aplico al personal de mantenimiento que involucran al jefe de taller, jefes de equipos pesados, livianos, logística y técnicos. Para determinar la confiabilidad de esta investigación se tomó en cuenta la encuesta con las preguntas que abarca sobre mantenimiento. Se empleo el coeficiente KR-20 Kuder – Richardson.

El implemento del cuestionario fue utilizado con el método estadístico del coeficiente KR-20 Kuder – Richardson que estima la confiabilidad para validar el instrumento de recolección de datos.

El coeficiente de Kuder Richardson R-20 para todo el cuestionario fue de 0.821, lo cual indica que es alto. La tabla de resultados se muestra en el anexo 4.

Instrumentos

Las herramientas utilizadas para la recolección de fueron fichas de registro, las órdenes de trabajo, manuales de fabricantes y documentos técnicos.

3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

El gobierno regional de puno posee información de reportes de mantenimiento preventivo y correctivo (operación y falla). Recopilada esta información se deberá analizar y procesar los datos estadísticos utilizando software Minitab 2018 y el Excel, estos mismos a través de cálculos permiten determinar la disponibilidad de los equipos.

Así mismo permite generar recomendaciones de las unidades operativas de las máquinas para tomar acciones preventivas y correctivas de un mantenimiento confiable, la coordinación con el personal para realizar la encuesta es para el personal involucrado con el área de equipo mecánico. También permite para conocer la gestión de equipo que llevaba y ubicar los puntos de mejora donde inicia el cambio de gestión.

El personal técnico le permite conocer si cuenta con el área y las condiciones adecuado de trabajo, también le permite saber el grado de preparacion y capacitación con la que cuentan, y si disponen de equipos y materiales adecuados y necesarios para realizar un mantenimiento y brindar una buena disponibilidad de los equipos.

Técnicas y análisis de datos permiten que los instrumentos provenientes de la información se utilicen para el análisis de tal manera que presente resultados sobre parámetros y características de la maquinaria.

Permite además el control de los tiempos y paradas para los mantenimientos preventivos y correctivos, esto conlleva al inicio de un cumplimiento adecuado del mantenimiento, los mismos que el área de equipo mecánico toma conciencia de la

importancia de los indicadores de mantenimiento, inspecciones para una buena gestión de mantenimiento y disponibilidad de equipos.

Los datos serán almacenados y clasificados en función a lo requerido para su respectivo análisis estadístico que permita determinar si cumple o no con los objetivos. La información evaluada permitirá establecer los mejores contextos para investigar y establecer conclusiones, recomendaciones y explicaciones necesarias para cada caso de las maquinas, así como también parámetros e indicadores para evaluaciones de mejora.

Para el procesamiento estadístico y análisis de datos: El análisis estadístico permite pronosticar la etapa del ciclo de vida en que encuentran las maquinas, esto se interpreta mediante cuadros y gráficos para una mejor interpretación.

Se utilizó el modelamiento de distribución. Weibull es el método más exitoso porque cubre otras distribuciones adecuadas para ingeniería. Para efecto de análisis se utilizó en método grafico de Minitab 2018.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Resumen de información del volquete FMX-440, placa EGK-176.

Tabla 9: Datos de Tiempo entre fallas de volquete volvo EGK-176

Item	Tiempo de reparación (TPR)	Tiempo entre fallas (TEF)
1	4.0	236.5
2	7.5	228.0
3	24.0	201.0
4	9.5	176.0
5	10.0	173.5
6	8.0	156.0
7	12.0	148.5
8	11.5	143.5
9	11.0	126.0
10	22.5	116.0
11	11.5	101.5
12	12.0	101.0
13	9.5	100.0
14	10.5	96.5

15	8.5	90.0
16	4.0	70.5
17	10.5	64.0
18	23.0	54.5
19	9.5	48.0
20	9.5	46.5
21	6.0	22.5

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra los tiempos entre fallas TEF o TBF que se dieron durante los doce meses del año 2019. Haciendo uso de la tabla se ingresa los datos en el software Minitab 18 para obtener la gráfica de probabilidad.

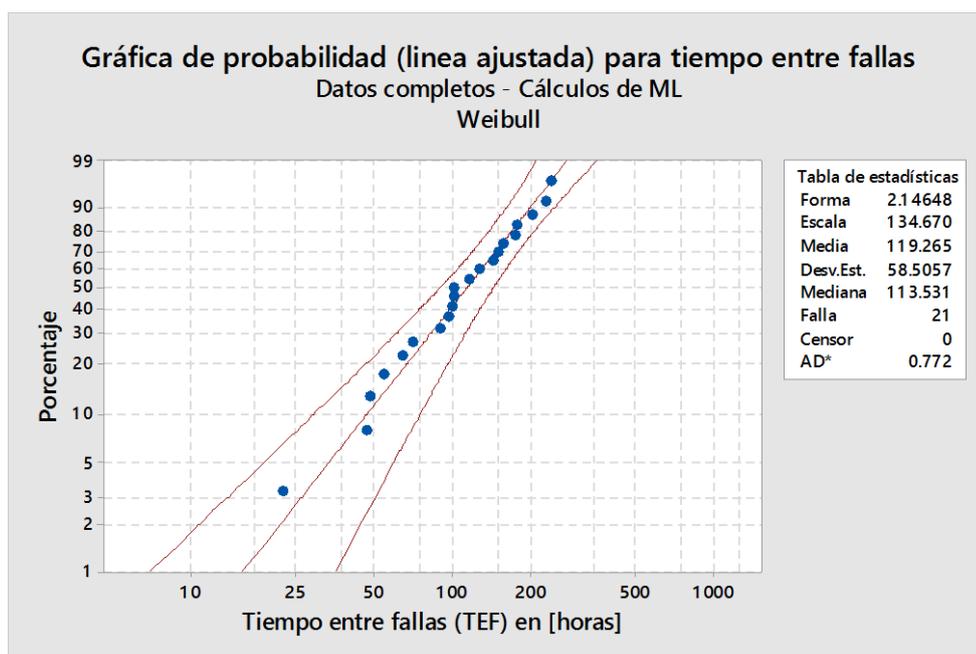


Gráfico 1: Grafico de probabilidad.

Fuente; elaboración propia.

Las líneas curvas continuas laterales superior e inferior indican los intervalos de confianza (aceptables). En este caso los datos en la gráfica están relativamente cerca

de la línea de ajuste (línea intermedia). Por los datos obtenidos se identifica que la probabilidad que la maquina dure más de 129.295 horas sin fallos es del 60%.

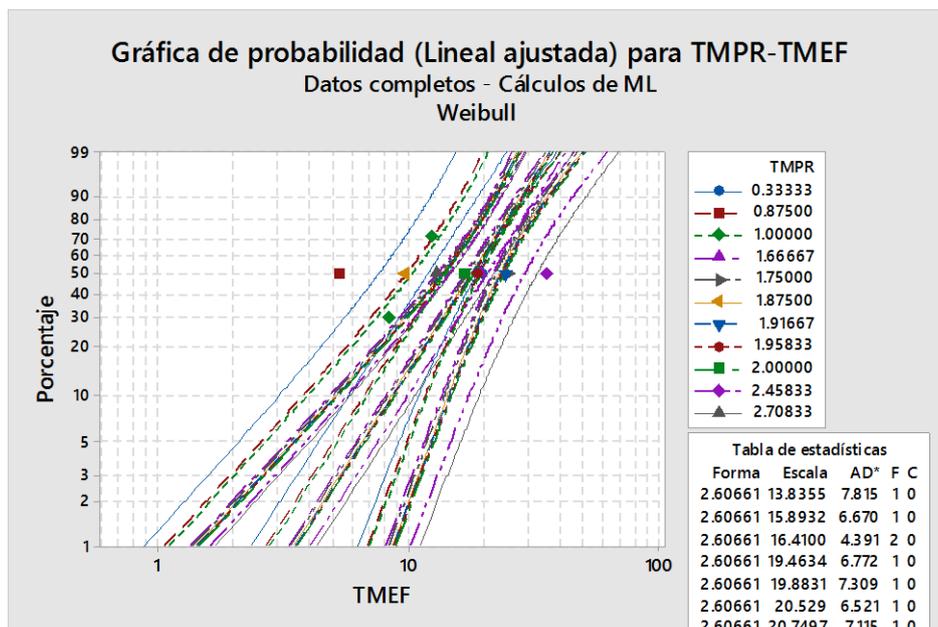
INDICADORES DE MANTENIMIENTO ACTUALES

Se toma para la evaluación de disponibilidad el volquete FMX-440, placa EGK-176, ya que se encuentra en estado critico en condiciones actuales (ver Anexo 1, Tabla 25: Resultado de análisis de criticidad de la flota de volquetes).

A continuacion se describe resultados de la determinacion y la evaluacion de los indicadores en condiciones actuales sin proceso de evaluacion continua y con proceso de evaluacion continua por meses y sistemas de los volquetes FMX.

DISPONIBILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES SIN PROCESO DE EVALUACIÓN CONTINUA. (MESES)

Grafica 2: Probabilidad de las variables iniciales TMPR y TMEF en condiciones actuales sin mejora continua, según la distribución asumida de Weibull.



En el grafico 2 se presenta los datos de TMPR y TMEF en condiciones actuales sin mejora continua, esta probabilidad esta asociado a los tiempos medios. Los indicadores se presentan dentro de los intervalos de confianza. Entonces se identifica como datos aceptables, los que se ubica entre 5.33 y 35.5 hrs. Se identifica el dato con un incremento de probabilidad de falla que alcanza desde los 0.33 y 19.71 hrs.

A continuacion se describe la validación de datos de los sistemas de los componentes del volquete de enero a diembre para obtener indicadores de disponibilidad actual y del TMPR y TMEF.

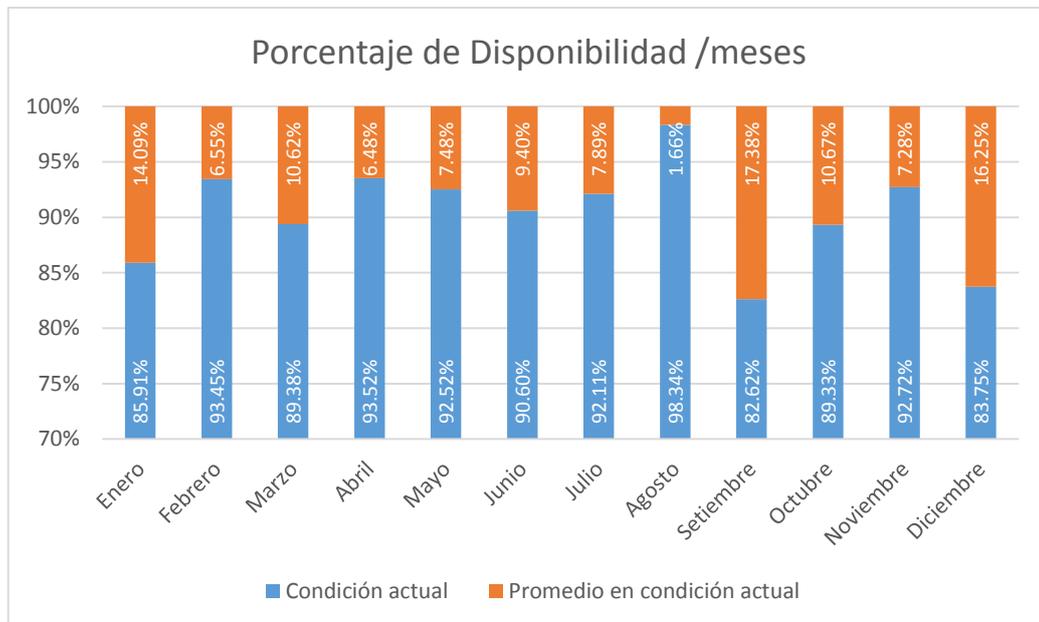
Tabla 10: Indicadores de mantenimiento Actual placa EGK-176 sin mejora continua

MESES	2019				Disponibilidad %	
	TPR	TEF	TMPR	TMEF	Actual	Meta
Enero	10.5	64	0.875	5.333	85.91%	
Febrero	21	299.5	1.750	24.958	93.45%	
Marzo	12	101	1.000	8.417	89.38%	
Abril	29.5	426	2.458	35.500	93.52%	
Mayo	12	148.5	1.000	12.375	92.52%	
Junio	23.5	226.5	1.958	18.875	90.60%	
Julio	20	233.5	1.667	19.458	92.11%	
Agosto	4	236.5	0.333	19.708	98.34%	
Setiembre	32.5	154.5	2.708	12.875	82.62%	
Octubre	24	201	2.000	16.750	89.33%	
Noviembre	23	293	1.917	24.417	92.72%	
Diciembre	22.5	116	1.875	9.667	83.75%	
Acumulado			1.63	17.36	90.35%	92.50%

En la tabla 10: Se muestra la disponibilidad de los componentes del sistemas por cada meses, como disponibilidad acumulada es el 90.35%, se resalta un total de 6 meses (enero, marzo, junio, setiembre, octubre y diciembre) baja disponibilidad.

Esta baja disponibilidad se debe a que los TMPR por cada mes son cortos en relación con los TMEF, es decir que el tiempo de reparación es muy reducido y no se tuvo un control adecuado. En el mes de agosto se tiene alta disponibilidad de los volquetes, mayor probabilidad de falla en condiciones operativas.

Gráfico 3: DISPONIBILIDAD de volquete en condición actual sin mejora continua

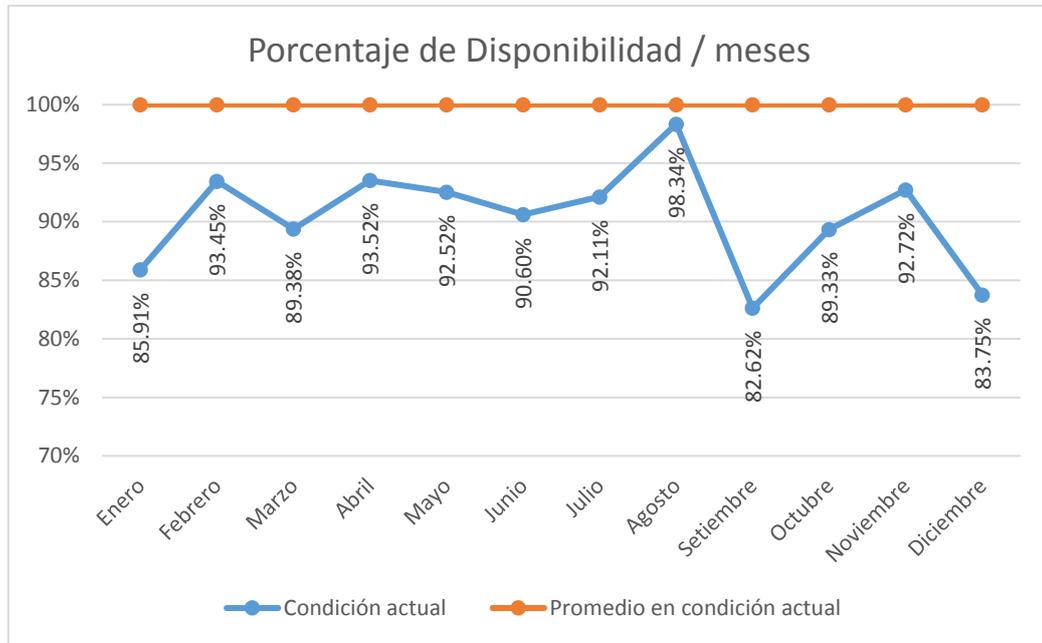


Fuente: Elaboración propia

En el grafico 3: En relación al promedio mensual, se puede observar que la menor disponibilidad del análisis de los sistemas y subsistemas que se encuentran por debajo del 90% están en los meses de enero, marzo, junio, setiembre, octubre y diciembre, con 85.91, 89.38, 90.60, 82.62, 89.33 y 83.75 respectivamente, mientras que en los meses de agosto y abril se tiene una mayor disponibilidad de la unidad

con 98.34% y 93.52% respectivamente, esto implica que se tiene una mayor probabilidad de fallo en condiciones de tiempo operativo.

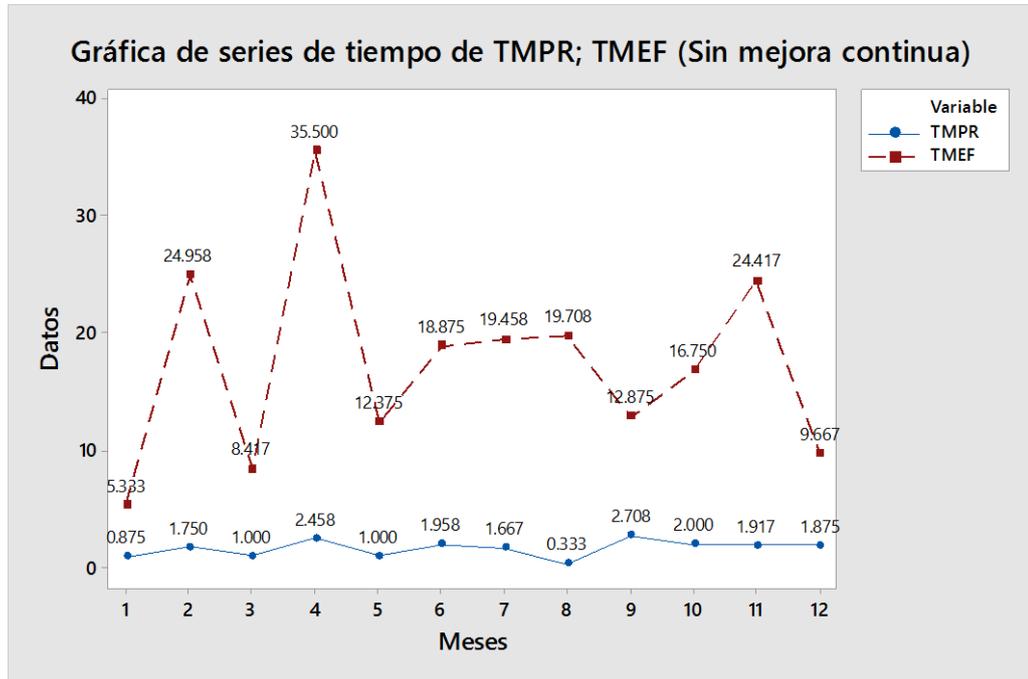
Gráfico 4: DISPONIBILIDAD de volquete en condición actual sin mejora continua



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 4: En relación al promedio total de disponibilidad 90.35% se cuenta con una mayor condición de disponibilidad en el mes de agosto del 98.34% y con una baja disponibilidad en el mes de setiembre con 82.62%, en condición actual de manejo de mantenimiento, esto quiere decir que del mes de agosto a setiembre se tuvo una alta probabilidad de fallo y no se tuvo una gestión adecuada de mantenimiento.

Gráfico 5: TMPR y TMEF del volquete sin mejora continua (MESES)



En el gráfico 5: Se presentan los datos agrupados entre TMEF y TMPR que representan datos en función de su tiempo operativo, en los casos de febrero (2), abril (4) y noviembre (11) el tiempo operativo del volquete es mayor, lo que muestra que su probabilidad de falla operativa es mayor, considerado como estado crítico., en el mes de agosto el tiempo de reparación fue muy reducido con apenas 0.33 y en el mes de setiembre ya se predecía la mayor probabilidad de fallo con TMEF = 2.708.

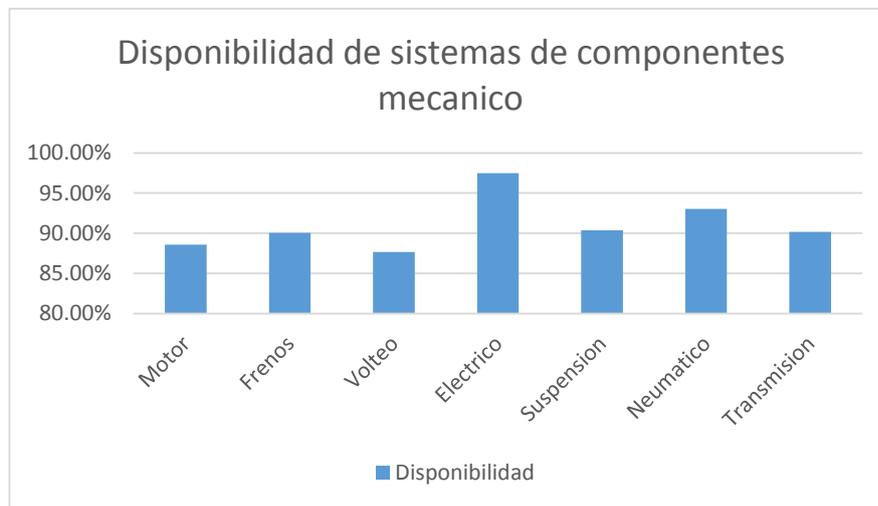
INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA SIN PROCESO DE EVALUACIÓN CONTINUA DE LOS COMPONENTES DE VOLQUETE (SISTEMAS)

Tabla 11: Indicadores de mantenimiento de sistema de los componentes de volquete estudiados en condición actual sin mejora continua (SISTEMAS)

SISTEMA	TPR	TEF	TMPR	TMEF	Disponibilidad
Motor	14.5	112.5	0.69	5.36	88.58%
Frenos	77.5	700	3.69	33.33	90.03%
Volteo	21	149.5	1.00	7.12	87.68%
Electrico	8	307	0.38	14.62	97.46%
Suspension	60.5	566.5	2.88	26.98	90.35%
Neumatico	42.5	568	2.02	27.05	93.04%
Transmision	10.5	96.5	0.50	4.60	90.19%
			1.63	17.36	90.35%

Elaboración propia

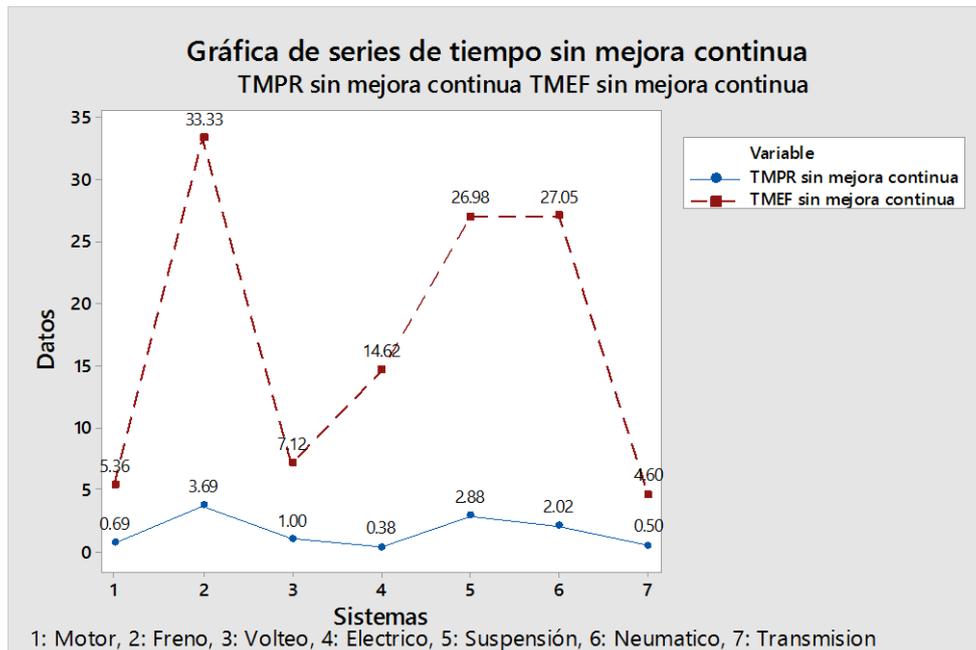
Gráfico 6: DISPONIBILIDAD de sistemas de componentes mecanicos sin mejora continua (SISTEMAS)



Elaboración propia

En el grafico 6: La disponibilidad por los sistemas de los componentes se puede observar la mayor disponibilidad se encuentra en el sistema eléctrico con 97.46%. El sistema de volteo con 87.68% de baja disponibilidad por falta de gestion de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo tanto el sistema de volteo tiene una menor probabilidad de falla operativo considerado como estado critico.

Gráfico 7: TMPR y TMEF sin mejora continua (SISTEMAS)

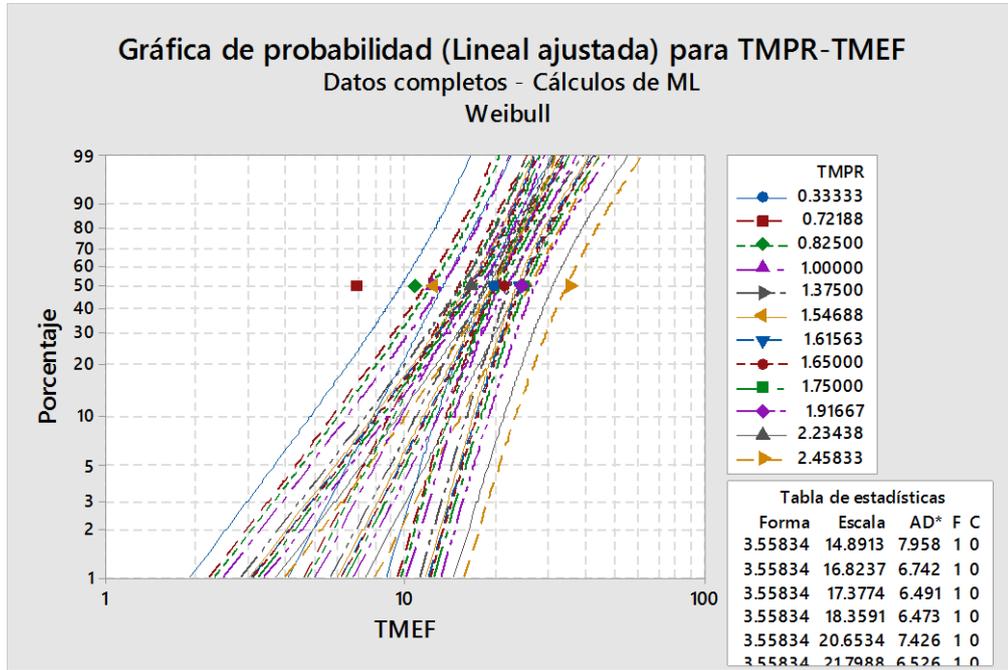


Fuente: Elaboración propia

En el grafico 7: Se presenta los datos agrupados entre TMPR y TMEF de los sistemas de componentes, que representa datos en función de su tiempo operativo, en los casos de los sistemas de frenos (2), sistema de suspensión (5) y neumatico (6) la frecuencia de falla es mayor en condiciones operativas, se registra falla de 4 veces en el año considerado como estado critico (referencia tabla 23 y 25).

DETERMINACION Y EVALUACION DE INDICADORES DE DISPONIBILIDAD EN CONDICIONES ACTUALES SIN PROCESO Y CON PROCESO DE EVALUACIÓN CONTINUA CON RESPECTO AL TIEMPO OPERATIVO . (MESES Y POR SISTEMAS) MEJORA PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

Grafica 8: Probabilidad de las variables iniciales TMPR y TMEF en condiciones actuales con mejora continua, según la distribución asumida de Weibull.



En el grafico 8 se presenta los datos de TMPR y TMEF en condiciones actuales con mejora continua, esta probabilidad esta asociado a los tiempos medios. Los indicadores se presentan dentro de los intervalos de confianza. Entonces se identifica como datos aceptables, los que se ubica entre 2.45 y 35.5 hrs. Se identifica el dato con un incremento de probabilidad de falla que alcanza desde los 6.85 y 35.50 hrs.

Tabla 12: Benchmarking de disponibilidad condicion actual, meta y expectativa

Indicador	Condicion actual	Meta	Expectativa Disp.	Diferencia
Disponibilidad %	90.35%	92.50%	95.00%	2.50%
TMEF (Hrs)	17.361	20.00	50	30.00
TMPR (Hrs)	1.63	1.50	1	0.50

Elaboración propia

Para obtener una mayor disponibilidad en el volquete EGK-176, se identifico los sistemas críticos y niveles de riesgo, se utilizo la tabla 21 Frecuencia de las tareas de pesquisa de fallas, disponibilidad y confiabilidad, para lograr el proceso de evaluación continua para la gestión de mantenimiento. A continuación aplicando la mejora continua se obtiene la Disponibilidad, TMPR y TMEF de volquete en condición actual con mejora continua.

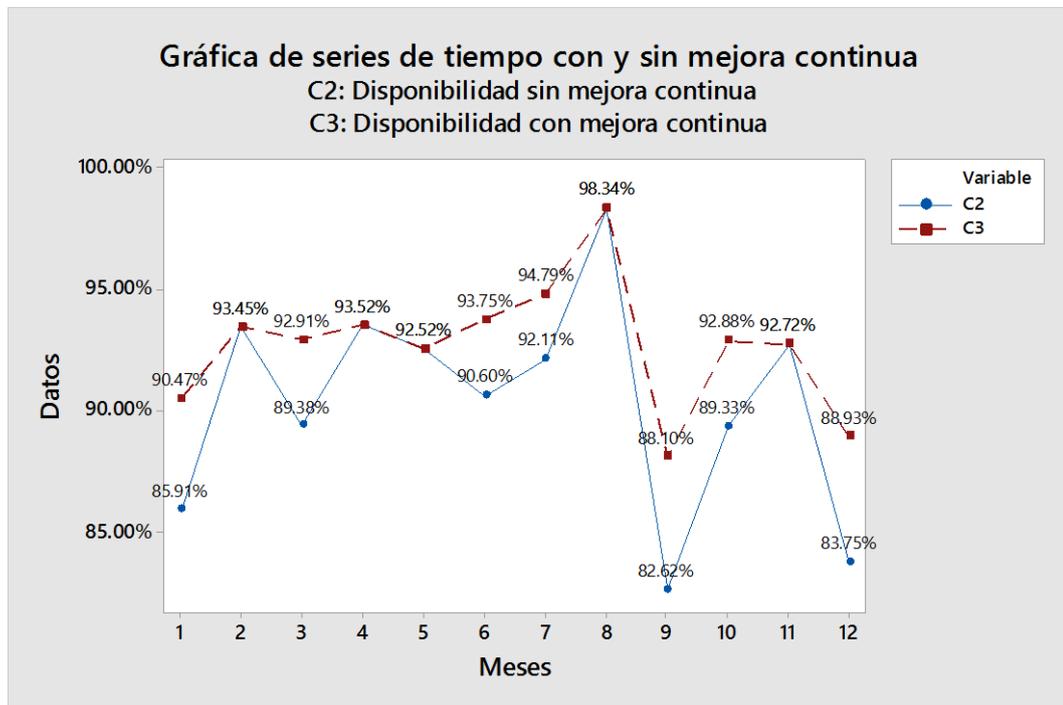
Tabla 13: Indicadores de mantenimiento Actual TMPR y TMEF y Disponibilidad placa EGK-176 con mejora continua.

MESES	2019				Disponibilidad %
	TPR	TEF	TMPR	TMEF	
Enero	10.5	64	0.722	6.853	90.47%
Febrero	21	299.5	1.750	24.958	93.45%
Marzo	12	101	0.825	10.815	92.91%
Abril	29.5	426	2.458	35.500	93.52%
Mayo	12	148.5	1.000	12.375	92.52%
Junio	23.5	226.5	1.616	24.254	93.75%
Julio	20	233.5	1.375	25.004	94.79%
Agosto	4	236.5	0.333	19.708	98.34%
Setiembre	32.5	154.5	2.234	16.544	88.10%
Octubre	24	201	1.650	21.524	92.88%
Noviembre	23	293	1.917	24.417	92.72%
Diciembre	22.5	116	1.547	12.422	88.93%
ACUMULADO			1.500	19.500	92.69%

Elaboracion Propia

En la tabla 13: Se muestra la disponibilidad en condiciones actuales con proceso de evaluación continua se tiene una disponibilidad acumulada del 93%, TMPR de 1.50 y TMEF de 20. Los datos obtenidos cumple con la meta y expectativa para mejorar la gestión de mantenimiento (tabla 12: Benchmarking de disponibilidad condicion actual).

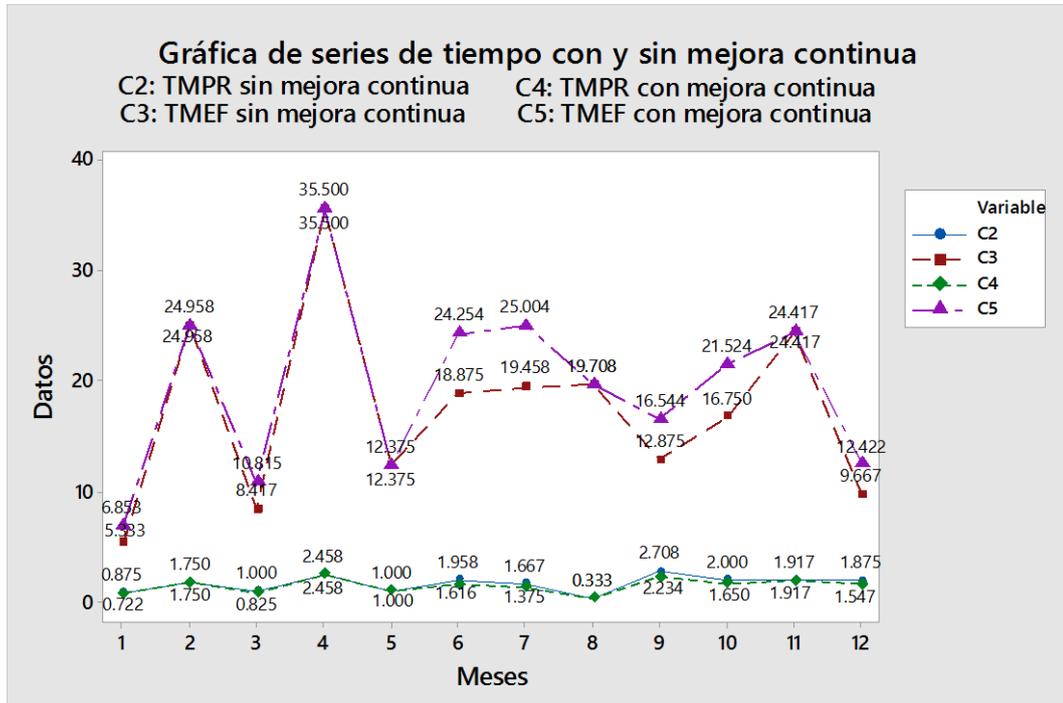
Gráfico 9: Evaluación de DISPONIBILIDAD en condición actual sin mejora continua y con mejora continua (MESES)



Elaboración propia

En el gráfico 9: Se presenta los datos agrupados de disponibilidad, para medir los avances en el desarrollo de mejora de gestión de mantenimiento. Sin mejora continua se contaba con 6 meses con disponibilidad menor al 90%. Sin embargo haciendo uso de la evaluación y mejora continua se evidencia con dos meses (agosto y diciembre) con disponibilidad mayor de 98.34 y una menor con 88.10%, considerando una mejora continua lo cual representa una variación significativa en el tiempo de disponibilidad

Gráfico 10: Evaluacion de TMPR y TMEF sin mejora continua y con mejora continua (MESES)



Elaboración propia

En el grafico 10: Se presenta los datos agrupados entre TMPR y TMEF que representa datos de mejora de gestión de mantenimiento, se tiene un aumento significativo de TMEF en los meses de junio, julio, setiembre y octubre con 5.38, 5.55, 3.67 y 4.77 respectivamente, lo que representa un aumento significativo de disponibilidad.

En los meses de febrero, abril y noviembre el tiempo operativo es mayor, lo que muestra que su probabilidad de falla es alta, considerado como estado critico. lo cual es causante de mayor atención de mantenimiento preventivo de las fallas que puedan ser motivo de una parada del volquete. En el mes de setiembre reduce el TMPR de 0.474 y el TMEF crece, mejorando la disponibilidad del volquete FMX.

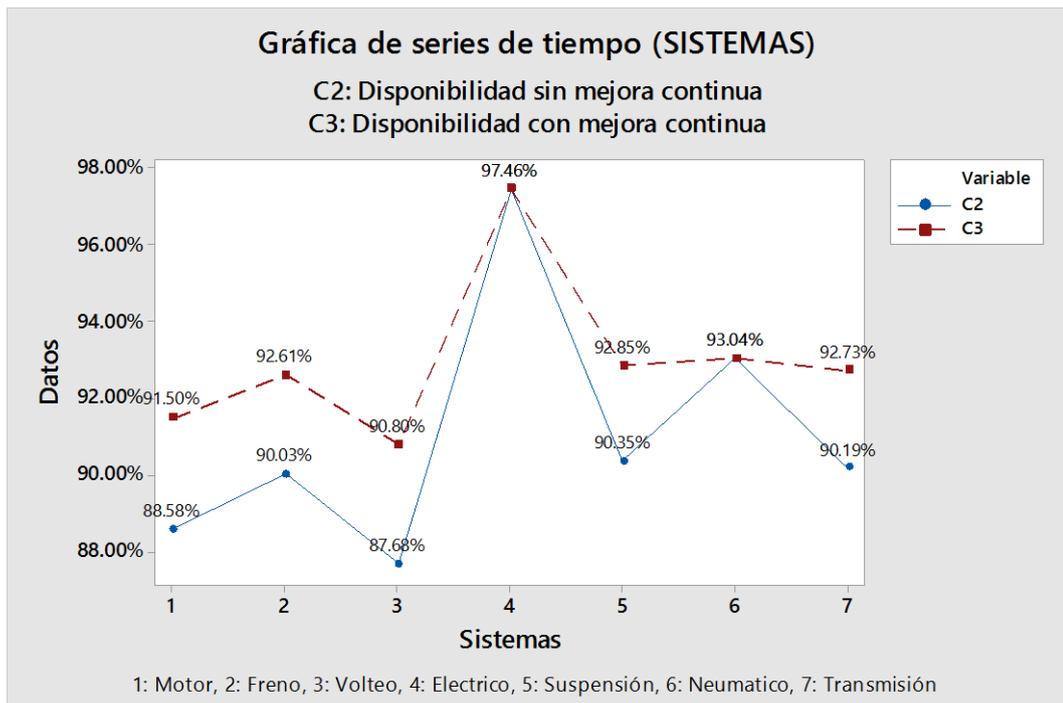
Tabla 14: Indicadores de mantenimiento Actual placa EGK-176 con evaluación de mejora continua (SISTEMAS)

SISTEMA	TPR	TEF	TMPR	TMEF	Disponibilidad
Motor	14.5	112.5	0.61	6.57	91.50%
Frenos	77.5	700	3.26	40.87	92.61%
Volteo	21	149.5	0.88	8.73	90.80%
Electrico	8	307	0.38	14.62	97.46%
Suspension	60.5	566.5	2.55	33.07	92.85%
Neumatico	42.5	568	2.02	27.05	93.04%
Transmision	10.5	96.5	0.44	5.63	92.73%
			1.5	19.51	93.00%

Elaboración propia

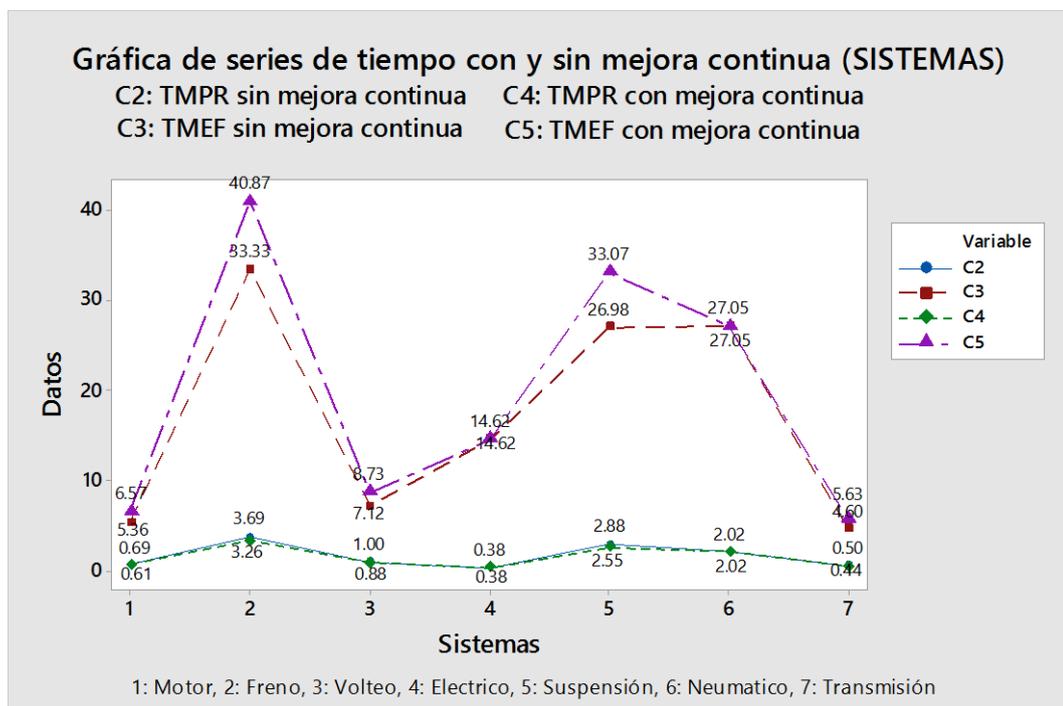
En la tabla 14: Se muestra la disponibilidad en condiciones actuales con proceso de evaluación continua (Se utilizo de la tabla 21 para el proceso de evaluacion) . Los datos obtenidos 1.5, 19.51 y 93, con el TMPR, TMEF y Disponibilidad respectivamente cumple con la meta y expectativa para mejorar la gestión de mantenimiento.

Gráfico 11: Evaluacion de DISPONIBILIDAD sin mejora continua y con mejora continua (SISTEMAS).



En el gráfico 11: Se evidencia una mejora de disponibilidad para los sistemas de motor, freno, volteo, suspensión y transmisión con respecto a la disponibilidad sin mejora continua. El rango de disponibilidad de estos sistemas en estado crítico es de 2.67%, lo que representa un expectativa positiva.

Gráfico 12: Evaluación de TMPR y TMEF con mejora continua y sin mejora continua (SISTEMAS)



Elaboración propia

En el gráfico 12: Se presenta los datos agrupados entre TMPR y TMEF que representa datos de mejora de gestión de mantenimiento, se tiene un aumento significativo de TMEF en el sistema de freno 40.88, sistema de volteo 8.73 y en el sistema de suspensión a 33.07 en condiciones de mejora continua lo que evidencia que que la probabilidad de falla pase de pobre a moderado o buena y que se reduzca en estado de los sistemas a semicrítico (referencia tabla 25).

Tabla 15: Ratios de disponibilidad de los volquetes volvo FMX-440

Ítem	Equipo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
1	EGK-176	85.91%	93.45%	89.38%	93.52%	92.52%	90.60%	92.11%	98.34%	82.62%	89.33%	92.72%	83.75%	90.35%
2	EGK-185	75.17%	90.48%	90.60%	91.45%	93.98%	93.75%	97.80%	90.99%	93.56%	98.82%	95.62%	97.31%	92.46%
3	EGK-175	86.10%	97.28%	97.53%	95.64%	95.55%	97.73%	97.63%	96.09%	97.31%	98.34%	96.07%	99.23%	96.21%
4	EGK-165	42.67%	95.87%	98.37%	95.00%	90.00%	99.43%	99.39%	96.94%	99.43%	98.01%	98.22%	98.48%	92.65%
5	EGK-164	95.00%	92.84%	98.20%	99.06%	97.06%	98.91%	98.18%	90.00%	99.72%	99.07%	90.00%	85.00%	95.25%
6	EGK-166	96.97%	87.31%	85.00%	85.00%	99.39%	98.38%	84.00%	99.64%	90.91%	92.89%	99.78%	90.00%	92.44%
7	EGK-178	90.32%	99.21%	90.00%	98.79%	90.00%	99.84%	97.87%	97.61%	98.22%	96.48%	99.41%	90.00%	95.65%
8	EGK-169	97.71%	96.17%	97.03%	96.47%	96.88%	98.55%	98.32%	97.63%	98.20%	91.67%	98.20%	99.51%	97.20%
9	EGK-186	92.56%	94.99%	96.18%	95.60%	97.66%	99.40%	98.04%	97.74%	98.05%	98.10%	98.23%	99.47%	97.17%
10	EGK-163	80.00%	98.13%	99.61%	97.15%	97.69%	98.53%	99.28%	98.60%	90.00%	98.75%	99.55%	90.00%	95.61%
11	EGK-225	80.00%	98.34%	99.72%	97.66%	98.01%	98.13%	98.86%	99.25%	98.45%	99.63%	90.00%	80.00%	94.84%
12	EGK-180	97.39%	90.00%	99.32%	98.75%	98.29%	98.96%	99.46%	95.64%	99.38%	98.58%	99.55%	80.00%	96.28%

Fuente: Elaboración propia

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

Se enuncia las hipótesis y se afirma lo siguiente:

Hipótesis general H_G:

“Con la formulación del método de gestión de mantenimiento, permitirá optimizar la disponibilidad de la flota de volquetes volvo FMX del gobierno regional de Puno”

Hipótesis general nula H₀:

Con la formulación del método de gestión de mantenimiento, no permitirá optimizar la disponibilidad de la flota de volquetes volvo FMX del gobierno regional de Puno

Afirmación: Se acepta la hipótesis general y se rechaza la hipótesis nula H₀.

De la Hipotesis general se confirma los resultados mediante la validación de disponibilidad con la metodología de gestión de mantenimiento para la flota de volquete volvo FMX del gobierno regional de Puno.

Prueba: De la tabla 10, tabla 12 y tabla 13, se valida el resultado que aplicando Benchmarking de la condicon sin mejora continua realizando gestión de mantenimietno se mejora la disponibilidad de los volquetes.

Enunciado Hipótesis específica H₁:

“La validación de gestión de mantenimiento logra optimizar la disponibilidad de los volquetes volvo FMX”

Hipótesis nula H₀:

“La validación de gestión de mantenimiento no logra optimizar la disponibilidad de los volquetes volvo FMX”

Afirmación: Se acepta la hipótesis específica H₁ y se rechaza la hipótesis nula H₀.

Se afirma que la validación para realizar las proyecciones optimice la disponibilidad, TMEF y el TMPR de los sistemas de componentes de la flota de volquete volvo FMX del gobierno regional de Puno.

Prueba: de la tabla 12 y tabla 21, se hace uso de la frecuencia de las tareas de pesquisa de fallas y se determino optimizar la disponibilidad que corresponde para una mejora de gestión de mantenimiento.

Enunciado Hipótesis específica H2:

“Utilizando el análisis de criticidad conlleva para reducir las fallas de sistemas de la flota de volquetes FMX”

Hipótesis nula H0:

“Utilizando el análisis de criticidad no conlleva para reducir las fallas de sistemas de la flota de volquetes FMX”

Afirmación: Se acepta la hipótesis específica H₂ y se rechaza la hipótesis nula H₀.

Se afirma que el análisis de criticidad conlleva a reducir las fallas de los sistemas indicando las prioridades de intervención por sistema. Mediante este resultado muestra los parametros criticos y estado situacional de los volquetes

Prueba: de la tabla de, tabla 24 y los resultados de la tabla 25 utilizando el análisis de criticidad se obtiene resultados que determina la situación actual de los sistemas y mejor enfoque hacia el logro de mejorar las frecuencias de fallas.

Enunciado Hipótesis específica H3:

“Desarrollando el análisis de modo y efecto de falla anticipa los niveles de riesgo de los volquetes Volvo FMX”

Hipótesis nula H0:

“Desarrollando el análisis de modo y efecto de falla no anticipa los niveles de riesgo de los volquetes Volvo FMX”

Afirmación: Se acepta la hipótesis específica H_3 y se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Se confirma que desarrollando el análisis de modo y efecto de falla anticipara los niveles de riesgo, indicando de esta manera preferencias de inspecciones y mantenimiento preventivo que alargara la vida de los sistemas.

Prueba: De la tabla 28 Analisis de modo y efecto de falla, se determina el Indice de prioridad de riesgos de los componentes de cada sistema y subsistema para validar, optimizar y realizar un mejor cronograma de la gestión de mantenimiento

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Se muestra una necesidad de gestión de mantenimiento para los volquetes volvo FMX que permita clasificar las fallas través de criticidad y prioridades de riesgos, esto se muestra en la tabla 16, con una disponibilidad del 90.35%. Considerando mejoras se estima los indicadores de mantenimiento estableciendo metas para la gestión de mantenimiento que fortalece la disponibilidad.

Tabla 16: Benchmarking de indicadores

Indicador	Resultados	Meta	Expectativa Disp.	Diferencia
Disponibilidad %	90.35%	92.50%	95.00%	2.50%
TMEF (Hrs.)	17.361	20.00	50	30.00
TMPR (Hrs.)	1.63	1.50	1	0.50

Elaboración propia

Con este método se determinó la situación actual de los volquetes y se implementa una gestión organizada que logra la disminución de tiempo de reparación y el aumento en los tiempos medios entre fallas. La información obtenida se tomó durante el periodo de un año que va enero 2019 a diciembre 2019. Se plantea teóricamente que aplicación de gestión de mantenimiento influye positivamente en la optimización la disponibilidad y mejora los niveles de organización.

La gestión de mantenimiento debe ser revisada periódicamente y ajustada a los sistemas críticos, semi críticos y no críticos.

Como no se cuenta con un adecuado registro del estado situacional de los volquetes, se plantea la aplicación de estableció el análisis de importancia para la gestión del mantenimiento. En el análisis se tiene como resultado tres volquetes en estado crítico como son: volquete de placa EGK-176, EGK-185, EGK-175. La evaluación se debe para reducir el número de fallas y advertir las condiciones de cada sistema.

La consecuencia de las no atenciones inmediatas se debe también falta de repuestos y retraso en la llegada repuesto debido a que la oficina de equipo mecánico carece de manuales de mantenimiento y manuales de partes para los volquetes, lo que conlleva a realizar el requerimiento a los proveedores en base a muestras, que muchas veces los proveedores entregan materiales alternativos y en otras condiciones hasta hechizos.

Se recopiló información de componentes, se detalló por sistemas para el modelo de mantenimiento y se elaboró una hoja informativa de identificación de modos de fallas que permite resultados positivos para efectuar las tareas de

mantenimiento orientados al número de prioridades de riesgo acorde a lo planificado, determinando fallas funcionales, modos y efecto de fallas que estos sistemas provocan.

Con este resultado se obtiene mejor programación de mantenimiento, optimizando los parámetros de disponibilidad de los volquetes, controlando el almacén de repuestos y anticipando los requerimientos y la distribución de personal para el mantenimiento

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Primera conclusión

La formulación y gestión de mantenimiento aplicable a la flota de volquete volvo FMX se fundamenta en permitir realizar una evaluación de disponibilidad para un mejor manejo de ciclo de mantenimiento para ello se tomo en cuenta la distribución probabilista de Weibull que mejor se ajusta a los datos históricos de tiempo de fallas de los volquetes críticos, y una mejor organización para cumplir con las responsabilidades y compromiso del personal técnico y administrativo, a fin de optimizar la disponibilidad.

Para el cumplimiento del objetivo se tomo en cuenta el proceso de evaluación para la gestión de mantenimiento, se logro obtener mayor disponibilidad los voqluetes y por ende aumentando la probabilidad de fallos, se analizo convencionalmente el estado critico de los volquete FMX.

Segunda conclusión

Al desarrollar la gestión de mantenimiento orientada a la mejora de la disponibilidad adaptada para los volquetes FMX permitio obtener una mejor visión para focalizar los esfuerzos de mejora.

Se aplico el Benchmarking mejora continua aumentando al disponibilidad de 90.5% a 93%, también se obtuvo el TMPR de 1.63 a 1.50, el TMEF de 17.36 a 20 hrs, esto implica un mejor control debido al aumento de la probabilidad de falla por los sistemas.posterior a la evaluación se planea el Nivel de riesgo y los efectos de falla del volquete.

Los valores de indicadores de mantenimiento en condición actual aplicado a los sistemas críticos con y sin mejoramiento continuo

Tabla 17: Resultado de Indicadores de mantenimiento.

Indicador	(a)	(b)	Expectativa Disp.	Diferencia
Disponibilidad %	90.35%	92.50%	95.00%	2.50%
TMEF (Hrs.)	17.361	20.00	50	30.00
TMPR (Hrs.)	1.63	1.50	1	0.50

(a) Condicion actual de los indicadores de mantenimiento sin mejora continua

(b) Condicion actual de los indicadores de mantenimiento con mejora continua

Sin embargo estos resultados se llega a la conclusión de que se cuenta con mayor disponibilidad de los volquetes, pero no necesariamente indica que el diagostico es el mejor, la buena gestión de mantenimiento conllega a beneficio económico pero con un manejo de técnicas cualitativas y cuantitativas.

Tercera conclusión

Aplicación del análisis de criticidad volquetes volvo FMX permitio definir la jerarquía de los sistemas según los parámetros de criticidad, además ayuda a tomar decisiones correctas y efectivas para cada servicio de mantenimiento.

Se tiene los siguientes resultados: 03 volquetes en estado críticos, 09 volquetes en estado semi crítico.

En volquete mas critico es el volquete de placa EGK-176 con alto nivel de criticidad en los sistemas de volteo, sistema de suspensión y sistemas de frenos, esto implica el manejo de criticidad y reducción de sistemas críticos de los componentes.

Debido a la alta probabilidad de fallo del volquete de mejorar la gestión de mantenimiento se tiene que analizar los niveles del AMEF y tomar acciones correctivas para preservar y/o garantizar la disponibilidad del equipo.

Cuarta conclusión

Empleando la identificación del análisis de modos y efectos de falla (FMEA) puede definir el nivel de riesgo, severidad de los sistemas y actuar ante cualquier falla potencial. En AMEF se desarrolló con la falla funcional, modo de falla y efecto de falla.

Se elaboro un AMEF para el control del nivel de prioridad de riesgo se identifica y logra el manejo de los efectos de las fallas y la localización de la fallas para que se aplique la gestión de mantenimiento.

Como no se tiene un historia y no se cuenta con un seguimiento de las prioridades de intervencionnes de mantenimiento, no se tiene un historia del análisis de causa raíz de los comoponentes de los sistemas critico, semicriticos y no críticos. Por lo que se dearrollo un AMEF para anticipar niveles de riesgo, lo cual valida para el volquetes FMX, placa EGK-176.

En este caso preciamente se analizo la cantidad de fallas por los tiempos de mantenimietno que precisamente eran de gran rango sin mantenimietno por eso se tomo en cuenta realizar el AMEF debido a su importancia dentro de los sitemas.

5.2. RECOMENDACIONES

Primera recomendación

Aplicar este método de gestión de mantenimiento para volquete volvo FMX y continuar con la ejecución y disponibilidad, incorporar conocimiento de gestión mantener una mejora continua del proceso de mantenimiento y lograr obtener resultados reales a nivel global.

Segunda recomendación

Realizar el historial de análisis de criticidad para todos los volquetes Volvo FMX y mantener actualizado el historial de equipos, para identificar anomalías, registra la prioridad de mantenimiento, llevar un control de recursos técnicos y económicos durante toda la vida útil responder de manera satisfactoria las solicitudes de servicio de disponibilidad. Esto permitirá mejorar la gestión de mantenimiento

Tercera recomendación

Realizar capacitación cursos taller permanente al personal técnico con respecto a los sistemas de volquetes y personal administrativo con respecto a gestión de mantenimiento. Así mismo obtener el manual de mantenimiento y el manual de partes para optimizar la ejecución de los mantenimientos.

Cuarta recomendación

Implementar modo de falla de FMEA y análisis de impacto dentro de la programación de los mantenimientos de manera que se maneje mejor las fallas funcionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ausencorylsones. (2019). *Gestión de Activos Ausenco Rylson*.
<https://ausencorylsones.wordpress.com/2016/11/16/jacknife-vs-pareto-cual-es-mejor-y-por-que/>
- Barrientos, G. (2017). Mejora de la Gestión de Mantenimiento de Maquinaria Pesada con la Metodología Amef. *Universidad San Ignacio de Loyola*, 102.
- Becerra, G., & Paulino, J. (2012). El Análisis de Confiabilidad Como Herramienta Para Optimizar la Gestión del Mantenimiento Preventivo de los Equipos de la Línea de Flotación en un Centro Minero. *Universidad Nacional de Ingeniería*, 288.
- BSG Institute. (2019). *Gestión del Mantenimiento. Blogs, Artículos, Cursos, Programas, Certificaciones y Webinars relacionados con Gestión del Mantenimiento*. <https://bsginstitute.com/SubArea/Gestion-del-Mantenimiento>
- Campos, I. (2018). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad Para Incrementar la Rentabilidad en la Empresa de Transporte Sayvan E.I.R.L. *Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo*, 136.
<http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/IEEE-Reference-Guide.pdf>
<http://wwwlib.murdoch.edu.au/find/citation/ieee.html>
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022>
<https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>
<https://tore.tuhh.de/hand>
- Castro, M. G. (2018). Método basado en RCM, para la Gestión de Mantenimiento en Tractores Agrícolas: Caso Municipalidad Distrital de Colquepata. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 1–132.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf>

?sequence=3&isAllowed=y

Espinoza, M. (2018). Mejora del Plan de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los Buses de la Empresa de Transporte Allin Group Javier Prado S.A. Concesionaria de los Corredores Complementarios de la Municipalidad de Lima. *Universidad Tecnologia Del Perú (UTP)*, 1–168.

Hernández, C., & Cano, M. (2017). *La Importancia del Benchmarking Como Herramienta Para Incrementar la Calidad en el Servicio en las Organizaciones*. 12.

<https://www.uv.mx/iesca/files/2018/03/04CA201702.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. In *McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A.*

Huancaya, C. (2016). Mejora de la Disponibilidad Mecánica y Confiabilidad Operacional de una Flota de Cosechadoras de Caña de Azúcar de 40 T/H de Capacidad. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*, 103.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7037>

Mantenimiento LA: El Benchmarking en Mantenimiento. (2012).
<https://maintenancela.blogspot.com/2012/12/el-benchmarking-en-mantenimiento.html>

Márquez, M. (2010). Desarrollo Sistemas de Produccion Gestion de Mantenimiento. *Manual de Ingenieria de Calidad*, 40.
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/5574/AntonioRodríguezMachado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Morales, G. (n.d.). *Análisis de Criticidad*. Retrieved February 26, 2022, from https://www.academia.edu/33767345/Análisis_de_Criticidad
- Moubray, J. (2000). Mantenimiento Centrado en la confiabilidad. *Industrial Press Inc.*, 2, 330.
- Pacheco, L. (2018). *Propuesta de Implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en Rcm Para la Reducción de Fallas de La Maquinaria de la Empresa Hydro Pátapo S.A.C.* 1–172.
- Parra, C. (1997). Diseño de un Plan para Implementar en la Refinería de Amuay, La Filosofía de Gestión del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Mcc). In *Universidad de los Andes*.
- Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos* (Vol. 6). <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Pistarelli, A. (2010). Manual de Mantenimiento, Ingeniería, Gestión y Organización. (T. G. C., Ed.) Buenos Aires: Talleres Gráficos R y C. Obtenido de <https://bibliotecadigital-usm->
- Quintana, S. (2016). Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo de Equipo Pesado Mediante el Análsis de Fallas, para Incrementar la Disponibilidad en el Proyecto Shahuindo de Stracon GyM. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 114.
- Ramos, R. (2018). Gestion de Mantenimiento y Disponibilidad Mecanica para el Equipo Lh307 - Cargador Fronta de Bajo Perfil, Aplicado en Minería Subterranea. *Universidad Nacional Del Callao*, 168.

<http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>

- Salazar, F. (2017). Analisis de Costos de Mantenimiento para Determinar el Tiempo de Reemplazo de un Volquete Volvo FMX-En IESA U.M. Pallancata. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 1–90.
- Tavares, L. (n.d.). Administración Moderna de Mantenimiento. In *Novo Polo Publication-Brasil*.
- Valdez Garcia, J. (2017). Implementacion del Mantenimiento Autonomo para Aumentar la Disponibilidad de Equipos Trackless en Uchucchacua. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 120.
- Villanueva, L. (2019). Evaluación Técnico-Financiera de Estrategias de Mantenimiento Aplicables a una Flota de Camiones Mineros 797F en una Operación Minera al Sur del Perú. *Universidad Católica de Santa Maria*, 215.