



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Plan de mantenimiento preventivo basado en metodología RCM para aumentar la disponibilidad a una flota de vehículos de carga de tres ruedas con capacidad de 1000kg en una empresa

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Culqui Cabanillas, Maycol Kevin (orcid.org/0000-0002-5583-0269)

ASESOR:

Dr. Davila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

“El siguiente proyecto está dedicado a mis padres por el cariño y su comprensión, por estar apoyándome y guiándome por el buen camino e inculcarme buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante y convertirme en una persona de bien, también va dedicada a las personas que me motivaron a seguir adelante en mis estudios”.

Maycol Kevin Culqui Cabanillas

Agradecimiento

“Agradezco primeramente a Dios por darme la fuerza y la salud para lograr mis objetivos, a mis padres por estar a mi lado motivándome a seguir adelante logrando concluir de manera satisfactoria cada una de mis metas y demás objetivos, agradezco a la universidad por permitirme convertirme en un profesional de la carrera y a cada maestro que me estuvo brindado sus conocimientos en cada proceso de mi formación como profesional”.

Maycol Kevin Culqui Cabanillas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Resumen.....	viii
Abstract	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	4
III.METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. población, muestra y muestreo	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos	14
3.6. Métodos de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV.RESULTADOS.....	15
V.DISCUSIÓN.....	49
VI.CONCLUSIÓN	52
VII.RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga	15
Tabla 2. Registro de MTBF y MTTR de las unidades vehiculares	17
Tabla 3. Registro de MTBF y MTTR de las unidades vehiculares	18
Tabla 4. Disponibilidad de cada unidad vehicular en porcentaje	19
Tabla 5. Disponibilidad de cada unidad vehicular en porcentaje	20
Tabla 6. Indicadores de disponibilidad de las unidades vehiculares de marzo hasta septiembre	21
Tabla 7. Funcionamiento de cada elemento de las unidades de tres ruedas para carga	23
Tabla 8. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 1	24
Tabla 9. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 2	25
Tabla 10. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 3	25
Tabla 11. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 4	26
Tabla 12. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 5	26
Tabla 13. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 6	27
Tabla 14. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 7	27

Tabla 15. Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 8	28
Tabla 16. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 1	29
Tabla 17. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 2	30
Tabla 18. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 3	30
Tabla 19. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 4	31
Tabla 20. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 5	32
Tabla 21. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 6	32
Tabla 22. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 7	33
Tabla 23. Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 8	33
Tabla 24. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 1	35
Tabla 25. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 2	36
Tabla 26. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 3	37
Tabla 27. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 4	38
Tabla 28. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 5	39
Tabla 29. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 6	40
Tabla 30. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 7	41

Tabla 31. Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 8	41
.....	41
Tabla 32. Actividades preventivas para el mantenimiento	42
.....	42
Tabla 33. Presupuesto de los repuestos necesarios para el mantenimiento	46
.....	46
Tabla 34. Costo de herramientas para mejorar el mantenimiento	47
.....	47
Tabla 22. Otros equipos necesarios para el mantenimiento preventivo	47
.....	47
Tabla 22. Presupuesto total del mantenimiento preventivo	48
.....	48

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar un plan de mantenimiento preventivo basado en metodología RCM para aumentar la disponibilidad a una flota de vehículos de carga de tres ruedas con capacidad de 1000kg. en una empresa ferretera en la ciudad de Cajamarca que se encarga en el reparto de material de construcción y demás cosas para el hogar. Como primer punto se tuvo la realización del diagnóstico de la situación actual de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga calculado sus indicadores de disponibilidad en los meses de marzo hasta septiembre dando como resultado que las unidades se encontraban fuera del porcentaje ideal siendo la unidad N° 1 con la disponibilidad más baja 92.5 %. Consecutivamente se determinaron las fallas que inciden con la disponibilidad de las unidades con metodología RCM y calculando los valores de criticidad con AMEF. Luego se estableció actividades preventivas para el mantenimiento y se crearon formatos para tener un mejor control de las unidades vehiculares.

En conclusión, se puede decir que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo ayuda a mejorar la disponibilidad de las unidades vehiculares de la empresa, también ayuda a alargar la vida útil de las unidades y el ahorro de dinero a la empresa por reducción de mantenimientos correctivos.

Palabras clave: mantenimiento preventivo, mejora de disponibilidad, unidades de tres ruedas para carga.

Abstract

The objective of this research work was to develop a preventive maintenance plan based on RCM methodology to increase the availability of a fleet of three-wheeled cargo vehicles with a capacity of 1000 kg in a hardware company in the city of Cajamarca, which is responsible for the delivery of construction materials and other things for the home. As a first point, a diagnosis of the current situation of the three-wheeled vehicles was carried out, calculating their availability indicators in the months of March to September, with the result that the units were outside the ideal percentage, with unit No. 1 having the lowest availability of 92.5 %. Subsequently, the faults that affect the availability of the units were determined using RCM methodology and calculating the criticality values with AMEF. Then, preventive maintenance activities were established and formats were created to have a better control of the vehicle units.

In conclusion, it can be said that the implementation of a preventive maintenance plan helps to improve the availability of the company's vehicle units, it also helps to extend the useful life of the units and save money for the company by reducing corrective maintenance.

Keywords: preventive maintenance, improved availability, three-wheeled cargo units.

I. INTRODUCCIÓN:

según (GOMEZ, 2021) el área de transporte ha requerido de disponibilidad vehicular para así poder garantizar de manera excelente el cumplimiento de sus servicios programados con compromiso, confianza y seguridad. Donde se sabe que cualquier maquinaria o unidad de trabajo a lo largo de su vida útil va sufriendo desgastes por el uso. Por lo tanto, los vehículos tienen que recibir constantes revisiones y mantenimientos para poder salvaguardar su estado en condiciones buenas con el propósito de poder encontrar males o desperfectos y poder corregirlas y de esta manera no afectar su disponibilidad y garantizar la calidad del servicio.

En ámbito internacional encontramos que en diferentes empresas se han preocupado en optimizarse en todas las mejoras de los procesos de diferentes formas, pero el área que dejan de lado sobre todo en empresas pequeñas o medianas es la de mantenimiento. A nivel internacional, sobre todo en empresas más competitivas se sabe que manejan el mantenimiento predictivo y planificado, en algunos medios el mantenimiento se le considera un gasto más, por lo que muchas veces las empresas esperan que las averías se presenten para revisar las maquinarias y equipos (VEGA 2017).

El plan de mantenimiento preventivo tiene un papel importante para el cuidado y funcionamiento de los equipos, pero en la actualidad sigue habiendo empresas que no toman en importancia sobre el mantenimiento preventivo y lo perjudicial que es sin ello. Un ejemplo de esto sería la empresa KILLARY ubicada en la ciudad de Cajamarca que se encarga de repartir bolsas de cemento, barras para construcción, cerámica, pinturas, y demás material para la construcción a diferentes lugares, distritos, caseríos de la ciudad de Cajamarca, dicha empresa

cuenta con 8 unidades para el traslado de estos productos los cuales son unidades de tres ruedas con capacidad de 1000 kg de carga con trabajos rutinarios de hasta 10 horas al día.

Con el pasar de los tiempos y el frecuente uso de estas unidades han ido presentando fallas constantes lo que provoca que algunas de estas unidades no estén disponibles para su uso inmediato.

Dicha empresa no dispone de una planificación de mantenimiento preventivo y al no disponer con una planificación del mantenimiento preventivo, a ocurrido que algunas de estas unidades vehiculares de tres ruedas no estén disponibles para su uso rápido, debido a que presentan algún problema, que impide su uso; lo que trae como resultado que no se realice las actividades programadas o que sea reprogramados, lo cual hace ineficiente la labor de reparto de material.

Los fallos en las unidades de carga más comunes ocurren en el motor, sistema de alimentación, sistema de transmisión y demás sistemas, lo cual son provocados por diferentes causas, entre las cuales destacan fallos en el encendido del motor, fallos en la caja de retroceso, fallos en embrague, fasos en el encendido, etc. Lamentablemente las fallas mencionadas no son atendidas rápidamente lo cual genera tiempos perdidos y en consecuencia perdidas a la empresa.

Partiendo de esta problemática se planteó un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota vehicular de tres ruedas para carga de una empresa ferretera, para que pueda cumplir con sus obligaciones tanto como la de transportar con seguridad la carga y la de mejorar la disponibilidad de las unidades de tres ruedas para carga.

La formulación del problema, es ¿En cuánto se incrementa la disponibilidad de los vehículos de tres ruedas para carga, mediante un plan de mantenimiento preventivo? El interés con este estudio es mejorar la disponibilidad de las unidades para cumplir con las programaciones de traslado de material en su periodo establecido. Se justifica la investigación, porque mediante este trabajo de investigación va a permitir llevar un mejor control de las unidades en su funcionamiento logrando que pueda cumplir su vida útil para el cual fue diseñado. Con relación a la justificación económica, el mantenimiento preventivo tendrá como objetivo reducir los costos en comparación con los costos correctivos y los tiempos de inoperatividad de las unidades presentando ahorros significativos para la empresa.

El objetivo general del trabajo de investigación es: La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo con metodología RCM para poder aumentar la disponibilidad de la flota de vehículos de carga de tres ruedas con capacidad de 1000kg. Para lo cual se plantean 4 objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de las unidades, indicando sus valores de disponibilidad.
- Determinar las fallas que inciden con la disponibilidad de las unidades con metodología del RCM.
- Establecer actividades preventivas para el mantenimiento y realizar un registro de las unidades en formatos de control (Hoja de vida de las unidades).
- Elaborar un presupuesto del plan del mantenimiento propuesto.

Por ende, se estableció la hipótesis general propuesto en el presente trabajo de investigación donde manifiesta que el plan de mantenimiento preventivo basado en metodología RCM incrementa la disponibilidad de la flota vehicular de tres ruedas para carga de la empresa.

II. MARCO TEÓRICO:

En investigaciones desarrolladas a nivel internacional, se encontró a Mora (2014), quien en su investigación desarrollada en una empresa azucarera llamada tempisque S.A. en el departamento de transporte de caña de azúcar en Costa Rica, donde buscó elaborar un plan de mantenimiento preventivo que contiene al detalle las inspecciones por realizar, la duración, así como una ficha técnica con información básica de cada máquina. La selección de los equipos por estudiar en el departamento de transporte fue hecha siguiendo el diagrama de Pareto para los tiempos perdidos, de tal forma que aquellos equipos que más favorecen con el tiempo perdido en la zafra fueron los primeros en incluirse en el análisis, utilizando metodología RCM para poder mejorar el procedimiento del trabajo y también realizó las inspecciones de rutina para sí detectar las fallas potenciales. esta investigación se propuso el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo donde su disponibilidad aumento en un 91.5% mediante la disminución del tiempo perdido en un 8%.

También se encontró a Carmona (2019), donde en su investigación ha diseñado un plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía RCM para las máquinas de producción en la empresa JONLEY SAS. Para el presente estudio se utilizó una metodología exploratoria basada en la descripción de las máquinas y sus demás componentes que están relacionadas al sistema productivo de la empresa. Dentro de los resultados se pudo identificar que la maquina con un menor nivel de disponibilidad de la empresa es la Máquina de Plana de Doble aguja, la cual fue el punto de partida para el desarrollo del análisis de criticidad en donde se pudo identificar que el componente que falla con mayor frecuencia es el garfio rotativo y la lubricación. Una de las conclusiones generales del proceso es que el plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía RCM, puede mejorar la disponibilidad de los equipos y, por ende, la productividad de la planta.

en otra búsqueda internacional encontramos a Villacrés (2016) donde su investigación se realizó en una flota de hidrocleaner de la empresa municipal ETAPA E.P en la ciudad de Cuenca – Ecuador, donde tuvieron como objeto el desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando criterios RCM para los elementos más críticos de un vehículo de la empresa mencionada, donde como primer paso realizó un análisis de criticidad para poder determinar los equipos críticos a los cuales aplico la metodología RCM con la finalidad de determinar el plan de mantenimiento que eviten las potenciales fallas. Dicho plan está constituido por actividades de mantenimiento, frecuencias y con especialistas requeridos. Luego de aplicar el plan de mantenimiento tuvo resultados de reducción del: 45% en la tasa de fallas, el 58% horas de parada y el 80% en costos por concepto de mantenimiento. también recomendó la implementación de la metodología RCM en el resto de la flota vehicular de dicha empresa.

También se tiene una investigación realizada por Pacheco (2019) donde se realizó en el Municipio de Boyacá – Colombia donde tuvieron por objetivo el desarrollo de la implementación de un Plan de Mantenimiento para las maquinas amarilla y de transporte vehicular de dicho municipio, realizando un análisis de la situación actual de las máquinas, luego comprobando el estado y el comportamiento durante su tiempo de trabajo de las maquinas; después se llevó a cabo el estudio de criticidad estableciendo el estado que se encuentran las maquinarias; también diseñó formatos pre operacionales para cada tipo de máquina y finalmente un plan de mantenimiento preventivo programado, obteniendo como resultado el mejoramiento y funcionamiento de las máquinas y reduciendo las pérdidas de tiempo en producción y evitando fallas no programadas.

En investigaciones realizadas a nivel nacional, se encontró a Geldres (2020), quien, en su investigación desarrollada en una empresa acuicultora en el área de alimentos balanceados en Lima, donde buscó mejorar la gestión de mantenimiento para el aumento de la disponibilidad en el mezclador de dosificación de los alimentos, realizando el diagnóstico de los elementos y orígenes de la baja disponibilidad en la empresa encontrando una ausencia de plan de mantenimiento preventivo para la máquina. Por lo tanto, dicha investigación se planteó la implementación del plan de mantenimiento con metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), mediante un análisis de modos y efectos de falla que permitan identificar los problemas antes de que ocurran y puedan afectar los procesos, como resultado determino que con el RCM ayuda en el aumento de la disponibilidad del mezclador a 96% lo cual a generado un ahorro de 972,853 soles anual, por resultados por ventas perdidas y por las horas dejadas de producir por falta de disponibilidad del mezclador.

También se encontró la investigación de Chávez (2017) sobre mantenimiento preventivo donde tuvo su desarrollo en una industria de inyección de la empresa "Industrias Plásticas Reunidas SAC" - Lima. En donde se examinó la situación actual de la empresa, también se realizó la toma de datos necesarios para su investigación, también se realizó actividades para conseguir el objetivo de aumentar la disponibilidad desde la recolección de la información para la ficha técnica hasta tener el desempeño y la realización del mantenimiento preventivo, se pudo examinar los indicadores de disponibilidad resultantes después de haber aplicado el mantenimiento preventivo para observar el comparativo de los indicadores iniciales, proporcionando como resultado que aplicando el plan de mantenimiento preventivo se logra aumentar la disponibilidad a 94,4 %, la reducción de la merma en 1,8 % en 1,5 % , así como también el volumen de kilos producidos se ha incrementado en 6,9 %, en comparación a otros años.

Se encontró una investigación donde el autor Mejía (2021) presentó la mejora de la disponibilidad de las máquinas para la empresa de metal mecánica ACEVEDO S.A.C. ubicada en Trujillo. Teniendo como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo permitiendo la mejora de disponibilidad y confiabilidad en las máquinas y equipos que actúan en el proceso de producción, donde realizaron la colección de información necesaria para así poder conocer los indicadores primarios del mantenimiento de las máquinas, consecutivamente se realizó un estudio de criticidad en las máquinas para poder identificar cuáles son las más críticas analizando los modos y efectos de falla obteniendo en promedio un 81.47 % de disponibilidad, 97.84 % de confiabilidad, Posteriormente se elaboró un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM que se basa en las fallas potenciales priorizándose en las maquinarias con el mayor grado de criticidad. También se procedió a calcular los nuevos indicadores posterior a la elaboración del plan de plan de mantenimiento de las maquinarias logrando incrementar en promedio la disponibilidad en 93.83 %, la confiabilidad en 98.13 %.

También se encontró una tesis del autor Silva (2020) donde su investigación lo desarrolló en las maquinarias de la empresa de curtiembre Boreal S.A.C. en Trujillo, teniendo como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de dicha empresa. Se inició investigando y reconociendo la situación del mantenimiento que se realizaba a las maquinarias, seguidamente se realizó un análisis de criticidad determinando a la divididera, tambor y descarnadora como equipos críticos obteniendo de forma global un 91.5% de disponibilidad, 75.26% de confiabilidad y 16.21% de mantenibilidad, también se elaboró el plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM. Se realizó los nuevos indicadores de mantenimiento logrando incrementar de manera global la disponibilidad en 5%, la confiabilidad en 12.74% y mantenibilidad en 12.97%.

Conceptos fundamentales:

Mantenimiento: según García Palencia (2006) “El mantenimiento son las acciones que deben ser desarrolladas en orden lógico, con la intención de mantener en condiciones de funcionalidad segura, eficiente y económica en los equipos de producción, herramientas y demás propiedades físicas de las diferentes instalaciones de una empresa”. Desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento, su principal objetivo es mantener el servicio. Esto significa que las máquinas reciben mantenimiento para garantizar que las funciones que realizan durante la producción se realicen adecuadamente. Mantenimiento económicamente eficiente significa:

- Proteger y preservar las inversiones
- Garantía de productividad.
- Seguridad de los servicios.

Mantenimiento preventivo: Según la revista científica del autor Alavedra Flores (2016) el mantenimiento preventivo se le puede definir como la conservación planeada. Tiene como función permitir el conocimiento sistemático del estado de las máquinas y equipos para programar la tarea que debe realizarse, en los momentos más oportunos y de menor impacto. El mantenimiento preventivo también hace referencia a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerles una reparación, sino más bien realizar una programación de cambio con el tiempo necesario antes de que aparezca la falla, esto se puede conseguir conociendo los datos técnicos de los equipos utilizando el manual. Por lo tanto, su finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que puedan provocar fallas mayores.

Mantenimiento correctivo: Según Sexto Felipe (2017) nos dice que el mantenimiento correctivo se divide en el mantenimiento que se realiza inmediatamente después de comprobar un mal funcionamiento (corrección inmediata) y el mantenimiento correctivo diferido, que puede programarse, en contraste con la corrección inmediata, que se define como la necesidad de intervenciones no previstas para prevenir las consecuencias de un mal funcionamiento falla. Lo que tienen en común es que las correcciones inmediatas y tardías siempre se hacen después de ocurrida la falla.

Disponibilidad: Según Alavedra Flores (2016) “La disponibilidad de un equipo solo puede aumentarse disminuyendo el tiempo fuera de servicio, lo cual es posible con la mejora de los sistemas administrativos, los procedimientos, la selección, la motivación, la calidad y dotación de herramientas, el equipo de diagnóstico, sistemas de información de equipos y la optimización de los sistemas de abastecimiento”. Por lo tanto, no se puede dejar de asociar el mantenimiento preventivo con la disponibilidad porque son dos variables que se refuerzan mutuamente. Por lo tanto, el énfasis en la facilidad de uso se pone en el trabajo en equipo en general y su confiabilidad operativa.

Grajales Dairo (2006) nos dice que la disponibilidad, se precisa como la relación entre el tiempo en que el equipo quedó disponible para producir (TMEF) y el tiempo total de reparación (TMPR), es decir:

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Donde:

TMEF: Tiempo que el equipo quedo disponible.

TMPR: Tiempo total de reparación.

Ipanaqué (2020) nos manifiesta que un indicador de la disponibilidad es el mantenimiento, que trata de la probabilidad de que el equipo o unidad que tienen algún problema logren ser arreglados y puestos en trabajo utilizando las técnicas necesarias. Por lo que, el MTTR se considera como una medida perfecta para la mantenibilidad, es decir:

$$MTTR = \frac{MTTR}{NTfallas}$$

Donde:

MTTR: Tiempo medio de reparar.

TTR: Tiempo de paro por fallas.

NTf: N° total de fallas.

también nos dice que otro indicador de la disponibilidad es la confiabilidad, la cual deriva de ser el tiempo intermedio en el que un equipo trabaja sin presentar fallos, lo que es el tiempo promedio que pasa entre un fallo y el sucesivo, es decir:

$$MTBF = \frac{HROP}{NTF}$$

Donde:

MTBF: Tiempo promedio de fallas.

HROP: Horas de operación.

NTF: N° total de fallas.

Criticidad: según del Castillo Serpa (2009) la criticidad es una medida relativa de los resultados del modo de falla y la continuidad de ocurrencia y también tiene propiedades del sistema (cálculo determinista numérico) que refleja el impacto de una brecha de seguridad, el medio ambiente o el proceso de producción; evaluación de la flexibilidad operativa, costos de mantenimiento de reparación y confiabilidad. Esta función se puede ubicar en bandas de alta, media y baja frecuencia.

Las ecuaciones matemáticas de criticidad más destacadas son:

Criticidad = Consecuencia x Probabilidad de Ocurrencia x Detectabilidad.

Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM): López (2019) nos manifiesta que es una metodología altamente reconocida y de uso extendido para elaborar planes de mantenimiento que incluyan todo tipo de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, etc.). Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria comercial de aviación de los Estados Unidos para mejorar la seguridad y confiabilidad de sus equipos. También nos dice que, hoy en día, el RCM es usado a menudo no solo para la identificación de tareas de mantenimiento, sino también es usado como un marco de informe para analizar el riesgo en unidades, ayuda en la clasificación por grado significativo de riesgo para el mantenimiento o identificación de áreas de mejora en el mantenimiento de equipos complejos como aerogeneradores.

Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) según Calva (2017) el AMEF es una herramienta de mejora de procesos proactiva, sistemática y en equipo que permite rediseñar procesos para evitar fallas o equivocaciones, asume que no importa cuánto conocimiento, experiencia o cuidado tengan las personas, los fallos ocurrirán o pueden ocurrir según las circunstancias. Idealmente, el AMEF se usa para evitar fallas potenciales, pero si una falla en particular no se puede evitar, el AMEF se enfoca en las barreras que se pueden implementar para que la falla no afecte a las

máquinas ni a las personas, también está diseñado para lograr un rendimiento óptimo a través de un enfoque proactivo para la prevención de riesgos. Esta herramienta se ha utilizado en la industria de la aviación para reducir daños y evitar errores de la tripulación.

Montalbán (2015) da a conocer que, en la actualidad, el AMEF se utiliza sistemáticamente en todas las empresas de la industria automotriz y en todas las empresas relacionadas; proveedores y sub proveedores. Uno de sus propósitos es, por un lado, indicar el grado de "optimización" y "exactitud" requerido para lograr la creación de valor en un determinado producto. Por lo tanto, es muy usado en una de las industrias más competitivas del mundo, como lo es la industria automotriz, porque es una de las innovaciones tecnológicas más complejas e ilustrativas de la actualidad. El AMEF es un método para identificar y evaluar riesgos potenciales utilizando números de prioridad de riesgo RPN para evaluar el impacto de las fallas e iniciar las acciones recomendadas. El RPN resulta de la composición de la severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D), en un nivel numeral del 1 al 10.

III. METODOLOGÍA:

3.1 Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

Es aplicada, por que busco generar una solución al problema de las fallas a las unidades.

Diseño de la investigación:

La investigación tiene el diseño no experimental, debido que el problema investigado se desarrolló en un contexto de realidad y análisis de información.

La investigación es de tipo longitudinal debido a la recolección de datos e información de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga mediante cierto periodo de tiempo el cual esta comprendió en 7 meses.

3.2 Variables y operacionalización:

Variable independiente:

Plan de mantenimiento preventivo.

Variable dependiente:

Aumento de la disponibilidad de las unidades de tres ruedas de carga.

3.3 población, muestra y muestreo:

Población:

La población estuvo integrada por todos los vehículos de carga de tres ruedas con 1000kg de capacidad de la ciudad de Cajamarca.

Muestra:

La muestra estuvo compuesta por las 8 unidades vehiculares de tres ruedas para carga con capacidad de 1000kg pertenecientes a la empresa.

Muestreo:

El muestreo es no probabilístico por conveniencia.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Análisis de datos históricos: Estudio de los informes de fallas y del lapso de molestias, lo que permitirá obtener información fiable.

Revisión documental: Se analizó los documentos de la empresa que permitió recolectar los datos sobre las variables de interés.

Instrumentos:

Guías de observación: Recopilación de información documental de los vehículos de tres ruedas para carga de la empresa.

Ficha de análisis de documentos: Recopilación de información necesaria de revistas científicas, tesis, etc., para la investigación del proyecto.

3.5 Procedimientos:

En el presente trabajo se recopiló información brindada por la empresa a través de documentación de los tiempos de reparación o parada, determinando valores de disponibilidad, también se utilizó metodología del RCM para las fallas que inciden en la disponibilidad y metodología AMEF para determinar los valores y determinar las fallas más altas, también se estableció actividades de mantenimiento preventivo, se creó fichas de registro para cada unidad y se elaboró una evaluación económica con indicadores VAN y TIR.

3.6 Métodos de análisis de datos:

Para examinar los análisis de datos nos ayudaremos de la estadística descriptiva, empleando tablas de frecuencia con sus correspondientes estudios y apreciación, también empleando un software de cálculo (Excel).

3.7 Aspectos éticos:

Los datos serán maniobrados únicamente por el tesista, además, para la toma de muestra y autenticidad de la información, se tendrá consideración a la información de los textos de las diferentes publicaciones, citándolos en el informe del proyecto.

IV. RESULTADOS:

4.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual de las unidades, indicando sus valores de disponibilidad:

4.1.1 Datos de las unidades:

En la tabla 1 se muestra las unidades vehiculares que son utilizados para el traslado de material de construcción, productos cerámicos y demás materiales de ferretería a diferentes a diferentes lugares, distritos, caseríos de la ciudad de Cajamarca, especificando la marca de las unidades vehiculares de tres ruedas y demás datos.

Tabla 1

Datos técnicos de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga

Nº	Marca	Modelo	Año de fabricación	Motor	Potencia
1	YAMSUMI	YS300R5	2017	300C.C	14.6 HP
2	YAMSUMI	YS300R5	2017	300C.C	14.6 HP
3	SSEND A	ZH DELUXE	2018	300C.C	16.6 HP
4	SSEND A	ZH DELUXE	2018	300C.C	16.6 HP
5	RONCO	TRAKTOR 300S	2020	300C.C	18 HP
6	ZONGSHEN	ZS25CM	2019	250C.C	16.1 HP
7	WANXIN	WX250- T2	2017	250C.C	16 HP
8	SSEND A	SS250ZH	2020	250C.C	14.4 HP

Nota: En esta tabla se menciona los datos técnicos de las 8 unidades vehiculares

4.1.2 Registro de paradas por fallos inesperados en las unidades vehiculares

Se cuenta con información del número de fallas y los tiempos que se han dado en las diferentes unidades vehiculares, mostrando que las unidades vehiculares de más años de fabricación son las que presentan mayores fallas provocando que el traslado de productos no se realice de acuerdo a lo planeado. Esta deficiencia que presenta las unidades, se refleja en el incremento de consumo de combustible, costo elevado en mantenimientos correctivos, pérdida de tiempo y baja disponibilidad

En este registro de tiempos de fallo corresponde desde marzo del año 2022 hasta septiembre del año 2022, los cuales para poder elaborar la tabla de registros de fallos en función de los parámetros son:

TMEF: Tiempo que el equipo quedo disponible.

TMPR: Tiempo total de reparación.

La empresa realiza sus pedidos de lunes a sábado desde las 8:00 a.m. hasta las 6:00 p.m., donde, el tiempo de operación de las 8 unidades vehiculares es de 10 horas diarias, durante 26 días al mes, lo que quiere decir que estas unidades trabajan 260 horas en todo el mes. En este tiempo total de operación mensual de las unidades vehiculares es igual al tiempo promedio de fallas y en tiempo promedio de reparación.

Para poder realizar las siguientes tablas con los datos de tiempos de operación y tiempos de reparación se recopiló información brindada por la empresa a través de documentación de los tiempos de reparación o parada de cada unidad vehicular en los meses de marzo hasta septiembre del año 2022.

Tabla 2

Registro de TMEF y TMPR de las unidades vehiculares

Fecha	Unidad N° 1		Unidad N° 2		Unidad N° 3		Unidad N° 4	
	TMEF	TMPR	TMEF	TMPR	TMEF	TMPR	TMEF	TMPR
Marzo	240 h	20 h	248 h	12 h	245 h	15 h	260 h	3 h
Abril	230 h	30 h	242 h	18 h	255 h	5 h	250 h	10 h
Mayo	257 h	3 h	246 h	14 h	243 h	17 h	245 h	15 h
Junio	245 h	15 h	257 h	3 h	235 h	25 h	249 h	11 h
Julio	232 h	28 h	249 h	11 h	245 h	15 h	255 h	5 h
Agosto	247 h	13 h	224 h	36 h	240 h	20 h	245 h	15 h
Septiembre	243 h	17 h	240 h	20 h	242 h	18 h	240 h	20 h

Nota: En esta tabla se registra los tiempos promedio de falla de cada unidad vehicular en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 3*Registro de TMEF y TMPR de las unidades vehiculares*

Fecha	Unidad N° 5		Unidad N° 6		Unidad N° 7		Unidad N° 8	
	TMEF	TMPR	TMEF	TMPR	TMEF	TMPR	TMEF	TMPR
Marzo	250 h	10 h	245 h	15 h	250 h	10 h	256 h	4 h
Abril	257 h	3 h	235 h	25 h	255 h	5 h	238 h	22 h
Mayo	241 h	19 h	257 h	3 h	235 h	25 h	255 h	5 h
Junio	257 h	3 h	255 h	5 h	253 h	7 h	245 h	15 h
Julio	252 h	8 h	240 h	20 h	238 h	22 h	250 h	10 h
Agosto	245 h	15 h	253 h	8 h	255 h	5 h	240 h	20 h
Septiembre	250 h	10 h	245 h	15 h	251 h	9 h	255 h	5 h

Nota: En esta tabla se registra los tiempos promedio de falla de cada unidad vehicular en los meses de marzo hasta septiembre.

De acuerdo con las tablas número 2 y 3 los tiempos promedios entre las fallas por cada mes en las unidades vehiculares no siempre es de 260 horas, lo que quiere decir que hay meses en los que las unidades vehiculares no están disponibles para su uso, debido a que presenta alguna falla que impide su utilización para el traslado de productos y cumplir su función.

4.1.3 cálculo de la disponibilidad:

Para determinar el valor de la disponibilidad de las 8 unidades vehiculares de la empresa, se empleó la siguiente formula:

$$D = \frac{TMEF}{(TMEF + TMPR)} * 100$$

Tabla 4

Tabla de disponibilidad de cada unidad vehicular en porcentaje

Fecha	Unidad N° 1	Unidad N° 2	Unidad N° 3	Unidad N° 4
Marzo	92.3%	95.3%	94.2%	98%
Abril	88.4%	93%	98%	96.1%
Mayo	98.8%	94.6%	93.4%	94.2%
Junio	94.2%	98.8%	90.3%	95.7%
Julio	84.2%	95.7%	94.2%	98%
Agosto	95%	86.1%	92.3%	94.2%
Septiembre	93.4%	92.3%	93%	92.3%
Promedio total	92.5%	93.86%	93.91%	95.79%

Nota: En esta tabla se muestra el porcentaje de disponibilidad de cada unidad vehicular en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 5*Tabla de disponibilidad de cada unidad vehicular*

Fecha	Unidad N° 5	Unidad N° 6	Unidad N° 7	Unidad N° 8
Marzo	96.1%	94.2%	96.1%	98.4%
Abril	98.8%	90.3%	98%	91.5%
Mayo	92.6%	98.8%	90.3%	98%
Junio	98.8%	98%	97.3%	94.2%
Julio	96.9%	92.3%	88.4%	96.1%
Agosto	94.2%	97.3%	98%	92.3%
Septiembre	96.1%	94.2%	96.5%	98%
Promedio total	96.56%	95.19%	95.51%	95.79%

Nota: En esta tabla se muestra el porcentaje de disponibilidad de cada unidad vehicular en los meses de marzo hasta septiembre.

En las tablas número 4 y número 5 se muestran los resultados de disponibilidad de cada unidad en valores de porcentaje de cada mes empezando desde marzo hasta septiembre dando promedio total de disponibilidad de todos los meses comprendidos.

4.1.4 Resumen de indicadores de disponibilidad de cada unidad vehicular

Tabla 6

Indicadores de disponibilidad de las unidades vehiculares de marzo hasta septiembre

Nº de unidad vehicular	Disponibilidad (%)
Unidad Nº 1	92.5%
Unidad Nº 2	93.86%
Unidad Nº 3	93.91%
Unidad Nº 4	95.79%
Unidad Nº 5	96.56%
Unidad Nº 6	95.19%
Unidad Nº 7	95.51%
Unidad Nº 8	95.79%
Promedio total	94.39%

Nota: En esta tabla se muestra el total de porcentaje de disponibilidad que se ha producido en los meses de marzo hasta septiembre.

De acuerdo a la tabla 6 los valores de disponibilidad en las unidades de tres ruedas para carga, resultan menores al 97 % (valor determinado por la empresa) entre los meses de marzo hasta septiembre siendo el valor más bajo de un 92, 50%.

4.2 Determinar las fallas que inciden en la disponibilidad de las unidades con metodología del RCM.

para determinar las fallas que inciden con la disponibilidad se utilizó el registro de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga ubicadas en los anexos del 6 al 13, luego se procedió a realizar metodología RCM respondiendo las preguntas que son:

¿Cuál es su función?

¿Cuál es la falla funcional?

¿Cuál es el modo de falla?

¿Cuál es el efecto de falla?

¿Qué se puede hacer para evitar o reducir las consecuencias de las fallas?

¿Qué hacer si no puede encontrar una tarea para evitar o minimizar las consecuencias del fracaso?

De acuerdo a las preguntas empezaremos a responder cada uno de ellas.

4.2.1 Función de cada sistema:

La siguiente tabla corresponde a la primera pregunta sobre ¿cuál es su función? En esta pregunta se detalla cada una su función en cada sistema.

Como las 8 unidades vehiculares de tres ruedas para carga operan de igual manera en el funcionamiento de los diferentes sistemas se procedió a realizar una sola tabla (tabla 7) sobre el funcionamiento de cada uno de los sistemas que comprenden las unidades vehiculares

Tabla 7*Funcionamiento de cada elemento de las unidades de tres ruedas para carga*

Sistema	Función
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• Transporta el combustible y el aire para formar la mezcla y conducirla al interior de la cámara de combustión.
sistema de encendido	<ul style="list-style-type: none">• Produce la ignición a través de una chispa la mezcla de aire y combustible permitiendo que el motor funcione de forma estable.
sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none">• Garantiza que el motor trabaje a su temperatura de funcionamiento ideal.
sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de transmitir la potencia del motor a la caja de cambios.
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none">• Genera energía eléctrica para cargar la batería y operar los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.
sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Transfiere la potencia que genera el motor a las ruedas para que pueda avanzar.
sistema de suspensión	<ul style="list-style-type: none">• Mantiene las ruedas en contacto con el suelo, absorbiendo las vibraciones, y movimiento provocados por las ruedas en el desplazamiento del vehículo.
sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none">• Desacelera o disminuye la velocidad del vehículo.
sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none">• transmite el movimiento del timón hacia las rueda.

Nota: En esta tabla se registra el funcionamiento de cada sistema de las unidades vehiculares.

4.2.2 Fallas funcionales:

Una vez conocida la función de cada sistema se procedió a realizar las siguientes tablas correspondiente a la siguiente pregunta: ¿cuáles son las fallas funcionales?, esta pregunta responde a que está impidiendo la realización de su funcionamiento normal de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga en cada sistema ya mencionado.

Tabla 8

Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 1

Sistema	Falla funcional
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• Perdida de potencia y combustible.• Mal funcionamiento del motor.
Sistema de encendido	<ul style="list-style-type: none">• Apagados repentinos del motor.
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Ruidos en caja de retroceso.
sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none">• Pérdida de fuerza del motor.
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none">• Pedal de frenos muy bajo.

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 1

En la tabla 8 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 1 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 9*Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 2*

Sistema	Falla funcional
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de combustible del carburador
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Recalentamiento del motor
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de aceite de corona bajó
sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza del motor
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none"> • No da arranque con batería

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 2

En la tabla 9 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 2 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 10*Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 3*

Sistema	Falla funcional
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Recalentamiento del motor
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Ruidos en caja de retroceso • Perdida de aceite de la corona
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none"> • Batería baja
sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Juego en la manija del cable de embrague

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 3

En la tabla 10 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 3 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 11

Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 4

Sistema	Falla funcional
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Ruidos en caja de retroceso.
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Recalentamiento del motor
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Juego en manija del cable de embrague
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeteo en la dirección

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 4

En la tabla 11 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 4 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 12

Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 5

Sistema	Falla funcional
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Recalentamiento del motor
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Ruidos en caja de retroceso. • Ruido en los ejes de la corona
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Juego en manija del cable de embrague

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 5

En la tabla 12 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 5 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 13

Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 6

Sistema	Falla funcional
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Sonido anormal en balancines
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de capacidad de frenado
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeteo en la dirección
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Juego en manija del cable de embrague
Sistema de suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Ruido en paquete de muelles

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 6

En la tabla 13 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 6 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 14

Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 7

Sistema	Falla funcional
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de capacidad de frenado
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de aceite de la corona
Sistema de dirección.	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección inestable
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la fuerza del motor

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 7

En la tabla 14 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 7 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 15

Fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 8

Sistema	Falla funcional
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none">• Recalentamiento del motor
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Perdida de aceite de la corona
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none">• No da arranque con batería
Sistema de suspensión	<ul style="list-style-type: none">• Ruido en paquete de muelles

Nota: En esta tabla se detalla las fallas funcionales de cada sistema de la unidad N° 8

En la tabla 15 se especifica la falla funcional de cada sistema del mecanismo de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 8 encontradas en los meses de marzo hasta septiembre.

4.2.3. Modos de fallas:

Las siguientes tablas corresponden a la pregunta ¿cuáles son los modos de falla?, esto responde a cómo se produjo el fallo en cada sistema de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga en cada.

Tabla 16

Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 1

Sistema	Modos de fallas
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none">• Carburación inadecuada.• Filtro de aire en mal estado
Sistema de encendido	<ul style="list-style-type: none">• Cable de la bobina en mal estado
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Nivel de aceite de caja de retroceso bajo
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none">• Nivel de aceite de motor bajo
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none">• Regulación inadecuada de zapatas

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 1

En las tablas número 16 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 17*Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 2*

Sistema	Modos de fallas
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de combustible dañado
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador inoperativo
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Reten en mal estado Fuga de aceite
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de aceite de caja de retroceso bajo
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none"> • Terminales de batería flojos

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 2

En las tablas número 17 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 18*Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 3*

Sistema	Modos de fallas
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador inoperativo
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de regulación del cable de embrague.
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de voltaje en mal estado.

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 3

En las tablas número 18 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 19

Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 4

Sistema	Modos de fallas
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none">• Abrazaderas de mangueras en mal estado.
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Nivel de aceite de corona bajo.
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none">• Falta de regulación del cable de embrague.
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none">• Grasa del rodaje en mal estado.

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 4

En las tablas número 19 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 20*Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 5*

Sistema	Modos de fallas
Sistema de refrigeración	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador inoperativo
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de aceite de corona bajo • Grasa insuficiente en rodajes
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de regulación del cable de embrague
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección inestable

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 5

En las tablas número 20 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 21*Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 6*

Sistema	Modos de fallas
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de calibración de balancines
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Bombines de las zapatas en mal estado
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none"> • Grasa del rodaje en mal estado
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de regulación del cable de embrague
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none"> • Terminales de batería flojos

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 6

En las tablas número 21 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 22*Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 7*

Sistema	Modos de fallas
Sistema de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Retenes en mal estado
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Bombines de las zapatas en mal estado
Sistema de dirección	<ul style="list-style-type: none"> • Cañerías del líquido de freno en mal estado
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Discos de embrague en mal estado

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 7

En las tablas número 22 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

Tabla 23*Modo de fallas de cada elemento de la unidad N° 8*

Sistema	Modos de fallas
Sistema de embrague	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.
Sistema de carga de batería	<ul style="list-style-type: none"> • Cables de batería en mal estado
Sistema de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Carburación inadecuada
Sistema de suspensión	<ul style="list-style-type: none"> • Abrazaderas del muelle flojos

Nota: En esta tabla se detalla los modos de falla de cada sistema de la unidad N° 8

En las tablas número 23 se detallan los modos de falla más frecuentes que presentaron las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa en los meses de marzo hasta septiembre.

4.2.4 Efectos de falla:

El siguiente subtítulo corresponde a la siguiente pregunta: ¿cuáles son los efectos de falla? Respondiendo a que es lo que provoca a los elementos de cada sistema de la unidad vehicular de tres ruedas para carga detallando su valoración de cada sistema.

Para determinar la valoración de efectos de falla de cada elemento más necesario para mantenimiento preventivo aplicaremos el sistema AMEF encontrando el grado de severidad, grado de ocurrencia, grado de detección y analizando el número de prioridad de riesgo (NPR) donde: $NPR = Ocurrencia \times Severidad \times Detección$

151 – 500	Riesgo de falla alto
101 – 150	Riesgo de falla medio
1 – 100	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Para los valores de ocurrencia, severidad y detención tendrá una escala del 1 al 10 de acuerdo a los análisis de cada fallo respondiendo los criterios de cada valor encontrada en las tablas 2, 3 y 4 ubicadas en los anexos.

Tabla 24*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 1*

YAMSUMI YS300R5						
Sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D NPR
Sistema de alimentación	Perdida de potencia	Carburación inadecuada	Consumo excesivo de combustible.	5	4	7 140
	Mal funcionamiento del motor	Filtro de aire en mal estado	Entrada de polvo al cilindro provocando Desgaste prematuro a los anillos de pistón.	7	4	6 168
Sistema de encendido	Apagados repentinos del motor.	Cable de la bobina en mal estado	Perdida de corriente a la bujía	7	5	5 175
Sistema de transmisión	Ruido en caja de retroceso.	Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de los engranajes y rodajes de la caja de retroceso.	8	6	4 192
Sistema de embrague	Pérdida de fuerza del motor	Nivel de aceite de motor bajo	Desgaste prematuro de componentes del motor	5	6	8 240
Sistema de frenos	Pedal de frenos muy bajo	Regulación inadecuada de zapatas	Frenado posterior insuficiente.	6	3	7 126

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 24 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 1 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo altos en sistema de alimentación de 168NPR, encendido con 175 NPR, transmisión con 192 NPR y sistema de embrague con 240 NPR.

Tabla 25*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 2*

		YAMSUMI YS300R5					
Sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de alimentación	Fuga de combustible del carburador	Filtro de combustible dañado	Entrada de partículas pequeñas al carburador provocando mal cerraje de la boya del carburador.	8	4	6	192
Sistema de refrigeración	Recalentamiento del motor	Ventilador inoperativo	Daño a componentes del motor por recalentamiento.	8	5	5	200
Sistema de transmisión	Nivel de aceite de corona bajó	Reten en mal estado Fuga de aceite	Desgaste prematuro de engranajes y rodajes	5	4	7	140
Sistema de embrague	Pérdida de fuerza del motor	Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de los discos de embrague	5	6	8	240
Sistema de carga de batería	No da arranque con batería	Terminales de batería flojos	daño a los terminales de batería	3	5	6	90

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 25 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 2 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo altos en el sistema de alimentación con 192 NPR, en sistema de refrigeración con 200 NPR y en el sistema de embrague con 240 NPR.

Tabla 26*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 3*

		SSEDA ZH DELUXE					
Sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de refrigeración	Recalentamiento del motor	Ventilador inoperativo	Daño a componentes del motor por recalentamiento.	8	5	5	200
Sistema de transmisión.	Ruido en caja de retroceso.	Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de engranajes de la caja de retroceso.	8	6	4	192
	Perdida de aceite de la corona	Reten en mal estado	Nivel bajo de aceite	5	4	7	140
Sistema de embrague	Juego excesivo en manija del cable de embrague	Falta de regulación del cable de embrague	Daños a las bocinas de la palanca de cambios	4	3	8	96
Sistema de carga de batería	Batería baja	Regulador de voltaje en mal estado	Falta de carga a la batería	7	3	6	126

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 26 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 3 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo alto en el sistema de refrigeración con 200 NPR y en el sistema de transmisión con 192 NPR.

Tabla 27*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 4*

		SSEDA ZH DELUXE					
Sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de refrigeración	Recalentamiento del motor	Mangueras en mal estado	Fuga del líquido refrigerante	7	4	6	168
Sistema de transmisión	Ruido en caja de retroceso.	Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de engranajes de la caja de retroceso.	8	6	4	192
Sistema de dirección.	Golpeteo en la dirección	Grasa del rodaje en mal estado	Rodajes de dirección dañados	5	4	7	140
Sistema de embrague	Juego excesivo en manija del cable de embrague	Falta de regulación del cable de embrague	Daños a las bocinas de la palanca de cambios	4	3	8	96

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 27 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 4 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo altos en el sistema de refrigeración con 168 NPR y en el sistema de transmisión con 192 NPR.

Tabla 28*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 5*

		RONCO		TRAKTOR 300S			
sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de refrigeración	Recalentamiento del motor	Ventilador inoperativo	Daño a la empaquetadura de culata por recalentamiento	8	5	5	200
Sistema de transmisión	Ruido en caja de retroceso.	Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de engranajes de la caja de retroceso.	8	6	4	192
	Ruido alrededor de los ejes de la corona	Grasa insuficiente en rodajes	Rodajes en mal estado	7	4	5	140
Sistema de embrague	Juego excesivo en manija del cable de embrague	Falta de regulación del cable de embrague	Daños a las bocinas de la palanca de cambios	4	3	8	96

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 28 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 5 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo altos en el sistema de refrigeración con 200 NPR y en el sistema de transmisión con 192 NPR.

Tabla 29*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 6*

ZONGSHEN ZS25CM							
Sistema	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de Alimentación.	Sonido anormal en balancines	Falta de calibración de balancines	Desgaste prematuro de varillas de balancín	7	5	5	175
Sistema de frenos	Pérdida de capacidad de frenado	Bombines de las zapatas en mal estado	fuga de líquido de frenos	8	6	4	192
Sistema de dirección.	Golpeteo en la dirección	Grasa del rodaje en mal estado	Rodajes de dirección dañados	5	4	7	140
Sistema de embrague	Juego excesivo en manija del cable de embrague	Falta de regulación del cable de embrague	Daños a las bocinas de la palanca de cambios	4	3	8	96
Sistema de suspensión	Ruido en paquete de muelles	abrazaderas del muelle flojos	Abrazaderas en mal estado.	7	4	5	140

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 29 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 6 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo alto en el sistema de alimentación con 175 NPR y en el sistema de frenos con 192 NPR.

Tabla 30*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 7*

		WANXIN WX250-T2					
sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de Transmisión.	Perdida de aceite de la corona	Retenes en mal estado	Nivel bajo de aceite	5	4	7	140
Sistema de frenos	Pérdida de capacidad de frenado	Cañerías del líquido de freno en mal estado	fuga de líquido de frenos	7	5	6	210
Sistema de dirección.	Dirección inestable	Grasa del rodaje en mal estado	Rodajes de la llanta delantera dañados	6	4	5	120
Sistema de embrague	Disminución de la fuerza del motor	Disco de embrague en mal estado	Desgaste de los separadores y los platos de presión de discos de embrague	8	5	6	240

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

En la tabla 30 de los efectos de falla de la unidad vehicular de tres ruedas para carga N° 7 se encuentran determinada la severidad, ocurrencia y detección de cada falla dando como resultado valores de riesgo altos en sistema de frenos con 210 NPR y en el sistema de embrague con 240 NPR.

Tabla 31*Determinación del modo y efecto de fallas de la unidad N° 8*

		SSEDA SS250ZH					
Sistema	Falla funcional	Modo de falla potencial	Efecto de falla potencial	S	O	D	NPR
Sistema de alimentación	Perdida de potencia	Carburación inadecuada	Consumo excesivo de combustible.	5	4	7	140
Sistema de embrague	Pérdida de fuerza del motor	Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de los discos de embrague	5	6	8	240
Sistema de suspensión	Ruido en paquete de muelles	abrazaderas del muelle flojos	Abrazaderas en mal estado.	7	4	5	140

Nota: Tabla de modo y efectos de fallas para hallar la valoración de riesgo.

4.3 Establecer actividades preventivas para el mantenimiento y realizar un registro de las unidades en formatos de control (Hoja de vida de las unidades).

4.3.1 Actividades para el mantenimiento preventivo:

Para la mejora de la disponibilidad de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa se realizó una ficha con un plan de mantenimiento con las actividades correspondientes.

Tabla 32

Actividades preventivas para el mantenimiento.

Modo de falla	Efecto de falla	Actividad a realizar	lapso	Ejecutado por:
Filtro de aire en mal estado	Entrada de polvo al cilindro provocando Desgaste prematuro de componentes	Verificar filtro de aire, mangueras del filtro.	Mes	Técnico mecánico
Filtro de combustible en mal estado	Entrada de partículas pequeñas al carburador provocando taponeos mal cerraje de la boya del carburador.	Revisión de fugas de combustible, filtro de combustible y mangueras de combustible.	diario	Operador
		Verificar y limpiar carburador.	Mes	Técnico mecánico
Ventilador inoperativo	Daño a componentes del motor por recalentamiento.	Verificar el funcionamiento de ventilador, estado de carbones.	3 meses	Técnico mecánico
Nivel de aceite de motor bajo	Desgaste prematuro de componentes del motor	Verificar el nivel, estado y fugas del aceite del motor.	diario	Operador

Nivel de aceite de caja de retroceso bajo.	Desgaste prematuro de los engranajes y rodajes de la caja de retroceso.	Verificar el nivel de aceite.	diario	Operador
		Verificar componentes de la caja de retro.	3 meses	Técnico mecánico
Nivel de aceite de corona bajo	Desgaste prematuro de engranajes y rodajes.	Verificar fugas de aceite.	diario	Operador
Mangueras del refrigerante en mal estado.	Fuga del líquido refrigerante	Verificar estado de manguera y abrazaderas.	Mes	Técnico mecánico
Falta de calibración de balancines	Desgaste de balancines	Verificar holgura de balancines.	mes	Técnico mecánico
Bombines de las zapatas en mal estado	fuga de líquido de frenos	Verificar fugas de líquido de freno.	diario	Operador
		Verificación y mantenimiento de zapatas y componentes.	2 meses	Técnico mecánico

Nota: En esta tabla se detalla las actividades preventivas para las fallas correspondientes.

En la tabla 32 se detalló los lapsos de tiempo para cada actividad a realizar y quien se encarga de realizarlo para la mejora del mantenimiento preventivo en las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa.

4.3.2 Registro en formatos de control de las unidades vehiculares de carga

Para poder tener un mejor control del mantenimiento preventivo se procedió a realizar fichas de control resaltando marca, modelo, kilometraje, etc. Estos documentos serán controlados por el técnico mecánico de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga de la empresa.

CUADRO 1. Ficha de control técnico de las unidades vehiculares

Información básica			
Marca:		Modelo:	
Color:		Año:	
Peso:		Cilindrada:	
Odómetro(km):			
Identificación y registro legal			
Número de placa vehicular:			
Serie del motor:			
Serie del chasis:			
Información técnica de la unidad vehicular			
Estado en general:			
Potencia:			
Torque:			
Dimensiones del vehículo:			
Observaciones:			
Nota: En esta tabla se detalla la información básica de las unidades como la marca, modelo, placa, color, etc.			

CUADRO 2. Ficha de control de mantenimiento de las unidades:

Tareas	Estado			Observación
	1	2	3	
Verificación de mangueras, filtro y fugas del combustible.				
Verificar estado del carburador.				
Verificación del estado de bujía				
Inspección de cables de la batería.				
Revisión de balancines.				
Revisión de ventilador.				
Revisión del nivel y estado de aceite de motor.				
Revisión del aceite de corona.				
Revisión del aceite de la caja de retroceso.				
Revisión de retenes de la corona.				
Revisión del estado de guardapolvos y retenes de barras delanteras.				
Verificación del estado de las zapatas.				
Verificación de fugas de líquido de frenos por las cañerías, bombines y bomba maestra.				
Nota: En esta ficha se detalla el estado de cada componente del sistema donde 1= mal estado; 2= regular; 3= buen estado.				

4.4 Elaborar un presupuesto del plan del mantenimiento propuesto.

Debido a limitaciones en el acceso de la información financiera de la empresa por parte del dueño se procedió a realizar el presupuesto del plan del mantenimiento con los siguientes componentes:

REPUESTOS:

De acuerdo con el análisis de la información de fallas y en la aplicación de lo actuado en los objetivos anteriores se elaboró un listado de los repuestos que son más necesarios para tener en el almacén de la empresa para su rápido uso ante una posible falla y mantenimiento preventivo en las unidades vehiculares de tres ruedas para carga.

Tabla 33

Presupuesto de los repuestos necesarios para el mantenimiento

Repuestos e insumos	Cantidad unitaria	Cantidad total	Precio unitario	Precio total
Aceite para el motor	2 ¼ x unidad	16 ¼	S/25	S/ 400
Rodajes delanteros	2	16	S/15	S/240
Rodajes para la parte posterior de boca masa	2	16	S/20	S/320
Grasa para rodajes	1 balde	1	S/220	S/220
Aceite para corona	1 balde	3	S/280	S/280
Manguera de combustible	40 metros	40m	S/48	S/96
Filtro de combustible	1	8	S/3	S/24
Cable de embrague	2	16	S/2	S/32
Bujías	1	8	S/10	S/80
zapatas	2 pares	16 pares	S/30	S/480
Liquido de freno	1 ¼	1 ¼	S/45	S/45
Discos de embrague	1 juego	8 juegos	S/30	S/240
Total				S/2 457

HERRAMIENTAS:

En esta parte analizamos la implementación de herramientas necesarias para los trabajos en el mantenimiento preventivo.

Tabla 34

Tabla de costo de herramientas para mejorar el mantenimiento preventivo

HERRAMIENTAS	Cantidad unitaria	Cantidad total	Precio unitario	Precio total
Juego de llaves mixtas	1 juego	1	S/80	S/ 80
gata lagarto	2	2	S/180	S/360
juego de dados	1	1	S/160	S/160
juego de destornilladores	2 juego	2	S/40	S/80
Juego de alicates	2 juegos	2	S/45	S/90
Llave de ruedas	1	8	S/40	S/320
Juego de extensiones de dado	1 juego	1	S/35	S/35
Rache para dado de 1/2	1	1	S/30	S/30
Caballete 3 ton.	2	2	S/75	S/150
Total				S/1305

Otros materiales:

Será necesario la compra de una impresora para poder realizar la impresión de los formatos de control de las unidades vehiculares de tres ruedas, también será necesario la compra de una laptop, hojas bond.

Tabla 35

Tabla de otros equipos necesarios para el mantenimiento preventivo

Equipos	Cantidad unitaria	Cantidad total	Precio unitario	Precio total
Impresora	1	1	S/265	S/ 265
laptop	1	1	S/850	S/ 850
Hojas Bond A4	1 paquete	1	S/10	S/10
Total				S/1135

También se realizará capacitaciones al personal de mantenimiento (técnico mecánico) y operadores de las unidades vehiculares de tres ruedas sobre y sus principales tareas, cual es la cantidad de carga máx. que debería llevar, etc. Las capacitaciones se realizarán por lo menos 2 veces al año con un costo total de S/500 cada una.

presupuesto total:

Tabla 36

Tabla del presupuesto total del mantenimiento preventivo

ELEMENTO	PRECIO
Repuestos	S/ 2 457
Herramientas	S/ 1 305
Otros materiales	S/1 135
capacitación	S/1000
Total	S/5 897

V. Discusión:

Como primer objetivo específico se tuvo la elaboración del diagnóstico de la situación actual de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga , indicando cuantas unidades son, sus datos técnicos, también se realizó su valoración de disponibilidad de cada una de la unidades con la ayuda de registro documentario de fallas en los meses de marzo hasta septiembre del 2022, dando resultados de valoración de disponibilidad fuera de lo establecido por la empresa siendo la unidad vehicular N° 1 con la disponibilidad más baja con 92,5 %. En relación con el antecedente de Carmona (2019) citado en la presente investigación, la cual realizó su investigación en una empresa de textiles diseñando un plan de mantenimiento preventivo a las maquinas, se pudo establecer una similitud en su objetivo específico donde también realizo un diagnóstico con recolección de información e identificando la situación actual de las maquinas que integran el sistema de producción en la empresa con la finalidad de establecer el nivel de la disponibilidad, la diferencia es que su investigación la realizo en 360 días (1 año) con tiempos de operación de las máquinas de 18 horas diarias, pero realizando el mismo procedimiento de cálculo de porcentaje para cada máquina y teniendo como resultado que la maquina conocida como plana doble aguja contiene una disponibilidad baja con un 97.12%.

en otros resultados tenemos el antecedente de Mora (2014) quien realizo su investigación en un ingenio azucarero llamada tempisque S.A. desarrollando un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en el área de patio de caña debido a petición de la empresa por presentar mayor cantidad de tiempo perdido, donde presento una disponibilidad global de la empresa del 90.8% teniendo como resultado que el departamento de caña de patio representa un mayor porcentaje de 8% de tiempos perdidos. a diferencia de mi investigación, Mora (2014) elaboro un diagrama de Pareto para los equipos del área de patio de caña donde pudo observar que el 80% del tiempo perdido ocurren en la banda de hule, el pateador de banda de hule, la desfibradora y en pre cuchillas. Con esos resultados

pudo irrumpir en las causas que ocasionan las fallas y pérdidas de tiempo en el área de patio de caña.

Como segundo objetivo se procedió a determinar las fallas que inciden en la disponibilidad de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga con la utilización de metodología RCM respondiendo preguntas como ¿cuál es su función del sistema?, ¿cuáles son las fallas funcionales?, ¿cuáles son los modos de fallas?, también se determinó la valoración de riesgo en los sistemas de las unidades con la ayuda del análisis de modo y efecto de falla también conocido como AMEF, teniendo como resultados que los sistemas más críticos en las unidades son en el sistema de transmisión, sistema de encendido, sistema de embrague, sistema de frenos, sistema de refrigeración. En relación con antecedentes tenemos a Geldres (2020) quien implementó metodología centrada en la confiabilidad (RCM) para poder determinar los elementos más críticos teniendo como base la clasificación de los sistemas y su función de cada uno de ellos, luego realizó un análisis de modo de efectos de falla (AMEF) buscando la criticidad de cada uno de ellos evaluando los niveles de frecuencia de ocurrencia, grado de detección y nivel de severidad de falla, teniendo como resultado los más críticos en el sistema de transmisión principal de potencia mecánica y en el sistema de transmisión mecánica de tambor giratorio.

Como tercer objetivo se tuvo la realización la implementación de actividades preventivas en las fallas más críticas en las unidades de tres ruedas para carga para poder mejorar la valoración de disponibilidad llegando a lo establecido por la empresa (97% de disponibilidad), también para tener un mejor control de registro de las unidades se procedió a realizar los formatos de control con los datos de cada unidad, color, modelo, etc. en relación con antecedentes tenemos a Villacrés (2016) donde tuvo como objeto el desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM en una flota de camiones hidrocleaner estableciendo actividades preventivas con sus respectivas frecuencias y el personal que lo realizara, tuvo como respuesta que al aplicar las actividades preventivas redujo

significativamente el registro de fallas especialmente en el chasis de las unidades que era considerado como crítico. Con respecto a los formatos tenemos al antecedente de Pacheco (2019) donde después de realizar el análisis de criticidad, realizó fichas técnicas de control, asimismo se desarrolló un formato de inspección diario el cual registra datos de operación del vehículo, fallas o paradas inesperadas.

Como cuarto objetivo se tuvo la realización de la evaluación económica con los repuestos necesarios para su rápido uso ante una posible falla y mantenimiento preventivo en las unidades vehiculares de tres ruedas para carga, también se analizó la implementación de herramientas necesarias para la mejora y reducción de tiempo en el desarmado de los componentes de las unidades. Debido a limitaciones en el acceso de la información financiera de la empresa por parte del dueño se procedió a realizar un presupuesto total del informe para el mantenimiento preventivo. Lo que diferencia en el antecedente de Silva (2020) quien tuvo también algunas limitaciones por la falta de inversión por parte del dueño para el desarrollo de su proyecto, pero pudo solucionarlo con un préstamo bancario con un interés de 8% y un pago de 12 meses, después pudo calcular el VAN y TIR con esa inversión bancaria demostrando que su plan de mantenimiento es rentable.

VI. Conclusión:

- En conclusión, después de la realización del diagnóstico de la situación actual de la empresa y realizando las valoraciones de disponibilidad de las 8 unidades de tres ruedas para carga, dio como resultado que las faltas de mantenimiento preventivo para las unidades estaban afectando la disponibilidad de las mismas y generando pérdida de dinero a la empresa por mantenimientos correctivos constantes siendo la unidad N° 1 con la más baja disponibilidad a un 92.5 %.
- Se pudo identificar las fallas que inciden con la disponibilidad de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga con la ayuda de metodología RCM donde se identificó la función de los sistemas, sus fallas funcionales, los modos de falla y efectos, para poder determinar los valores de criticidad con la ayuda del AMEF obteniendo resultados que las fallas más críticas se encuentran en el sistema de alimentación de combustible, sistema de embrague, sistema de transmisión y sistema de frenos.
- Se logró establecer 12 actividades preventivas para el mantenimiento, conforme con las fallas más críticas en las unidades de tres ruedas para carga para poder aumentar la disponibilidad de las mismas y evitar gastos innecesarios en reparaciones correctivas, también se logró crear formatos para tener un mejor control de las unidades.
- Se realizó la elaboración del presupuesto para el plan del mantenimiento estableciendo los repuestos necesarios para el mantenimiento preventivo y su rápido uso ante una posible falla en las unidades vehiculares de tres ruedas para carga y herramientas necesarias para poder realizar los trabajos con mayor eficiencia logrando que las unidades puedan realizar sus actividades rápidamente.

VII. Recomendaciones:

- Se recomienda que el área de mantenimiento para las unidades vehiculares de tres ruedas para carga sea reorganizada para así tener un fácil acceso al herramientas y repuestos.
- Se recomienda concientizar a los operadores sobre los cuidados que debe tener en las unidades vehiculares de carga y su buen funcionamiento.
- Con respecto a los repuestos se recomienda llevar una ficha con los repuestos que se van a utilizar y si todavía está en stock, para poder realizar nuevas compras a repuestos que se están agotando.
- Para el cuidado del medio ambiente se recomienda utilizar tachos de reciclaje separando materiales peligrosos como aceite, líquido de frenos, refrigerante de lo que es repuestos usados en mal estado y de otros materiales.

REFERENCIAS:

- Alavedra-Flores, C., Gastelu-Pinedo, Y., Méndez-Orellana, G., Minaya-Luna, C., Pineda-Ocas, B., Prieto-Gilio, K., & Moreno-Rojo, C. (19 de abril del 2016). *Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013*. Revista Ingeniería Industrial, (034), 11-26. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2016.n034.529>
- Calva, M. V. M., CEMA, C., Canovas, D., & DE CEMA, D. G. (marzo del 2017). *Análisis de modo y efecto de falla*. Manual guía para el desarrollo del análisis de modo y efecto de falla. 1, 1-19. <https://acortar.link/Fgikng>
- Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (28 de noviembre del 2018). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. Instituto Politécnico Nacional, 23(1), 51-59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265006>
- Canales-Mora, C. F. (2014). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para el departamento de patio de caña*. [Licenciatura en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electromecánica]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/2238/5823>
- Castrillón Carmona, D. A., & Gallego Lozano, R. B. (2019). *Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para los equipos de la empresa de confecciones Jonley SAS*. [Trabajo de grado de especialización de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/10495/13758>
- Chávez García, W. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la planta de inyección de la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC*. [tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11537/11294>
- Del Castillo-Serpa, A. M., Brito-Ballina, M. L., & Fraga-Guerra, E. (25 de abril del 2009). *Análisis de criticidad personalizados*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Ingeniería Mecánica, 12(3), 1-12. Revista de Ingeniería Mecánica. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225114976001>

- García Palencia, O. (2006). *El mantenimiento general*. [Material de autoestudio para la asignatura Administración de Empresas del programa Ingeniería Electromecánica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1297>
- Geldres Marchena, R. R. (2020). Propuesta de Mejora del Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados acuicola. [tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11537/23416>
- Gómez Veca, J. L. (2021). Plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa Transportes Sotrance SAS. [tesis de grado, universidad autónoma de occidente facultad de ingeniería, Santiago de Cali]. Repositorio institucional. <https://acortar.link/ZjZFvs>
- Grajales, D., Candelario, P., & Sánchez, Y. (30 de mayo del 2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*. Universidad Tecnológica de Pereira, 1(30), 155-160. Revista Scientia et technica. <https://acortar.link/JwqqWg>
- Mejía Quicaño, E. (2021). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de lavandería de la Empresa Jec Service SAC, Puente Piedra, 2021*. [tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86392>
- MONTALBAN-LOYOLA, E., ARENAS-BERNAL, E. J., TALAVERA-RUZ, M., & MAGAÑA-IGLESIAS, R. E. (30 de diciembre del 2015). *Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz*. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, 2(5), 230-240. <https://acortar.link/Qkebwo>
- Pacheco, W. A. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavita*. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás, Colombia]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11634/19188>
- Paladines Ipanaqué, L. H. (2020). *Propuesta de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los vehículos mayores de la I Macro Región Policial Piura Perú*. [tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55570>

- Sexto, L. F. (marzo y abril del 2017). Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son. Revista Mantenimiento en Latinoamérica. (9), 4, 14-17. Artículo técnico. <https://acortar.link/YguY20>
- Silva Cotrina, S. E. (2020). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una Curtiembre*. [tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/51037>
- Vega Acuña, A. M. (2017). *Implementación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la Empresa Grúas América SAC Santa Anita, 2017*. [tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/1978>
- Villacrés Parra, S. R. (2016). *Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa EP*. [Proyecto de investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4749>

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla de variables independiente y dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE: Plan de mantenimiento preventivo	El mantenimiento preventivo se aplica para impedir, mediante la adecuada planificación y programación de las intervenciones periódicas que se harán, las fallas previstas en los equipos. Albán (2018)	Programar la tarea que debe realizarse, en los momentos más oportunos y de menor impacto.	Análisis de fallas	Numero de posibles fallas	De razón
			Selección de tareas en hoja de vida	periodo	De razón
DEPENDIENTE: Disponibilidad de las unidades	La disponibilidad, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. GRAJALES (2006)	la disponibilidad se expresa como Porcentaje del tiempo en que las unidades están listas para funcionar.	Tiempos de reparación	MTTR: Tiempo medio de reparación	De razón
			Tiempos de fallas	MTBF: Tiempo medio de fallas	De razón

Nota: Indicadores planteados por el autor

Anexo 2

Criterios de severidad

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real sobre el rendimiento del sistema	1
Baja	El tipo de falla originaria un ligero inconveniente	2-3
Moderada	El fallo produce ciertos inconvenientes	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema	7-8
Muy alta	Fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento	9-10

Nota: En esta tabla se registra los criterios en escala del 1 al 10 dependiendo la severidad.

Anexo 3

Criterios de ocurrencia

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con ciertas frecuencias en el pasado	7-8
Muy alta	Fallo casi inevitable, es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

Nota: En esta tabla se registra los criterios en escala del 1 al 10 dependiendo la frecuencia.

Anexo 4

Criterios de detección

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es obvio, resulta muy improbable que sea detectado por controles	1
Alta	El defecto, aunque sea obvio y fácil de detectar podría escapar del control	2-3
Mediana	El defecto es detectable	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con procedimientos establecidos	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse	9-10

Nota: En esta tabla se registra los criterios en escala del 1 al 10 dependiendo la detectabilidad.

Anexo 5

Ficha de incidencias en los diferentes sistemas de todas las unidades

Unidad	Sistema de alimentación	Sistema de encendido	Sistema de refrigeration	Sistema de embrague	Sistema de carga de batería	Sistema de transmisión	Sistema de suspensión	Sistema de frenos	Sistema de dirección
Unidad 1	✓	✓		✓		✓		✓	
Unidad 2	✓		✓	✓		✓		✓	
Unidad 3			✓	✓	✓	✓			
Unidad 4			✓	✓		✓			✓
Unidad 5			✓	✓		✓			
Unidad 6	✓			✓			✓	✓	✓
Unidad 7				✓		✓		✓	✓
Unidad 8			✓		✓	✓	✓		

Nota: En esta ficha se registra todas las incidencias de las unidades vehiculares de tres ruedas para carga en los meses de marzo hasta septiembre

Anexo 6

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 1

fecha	Sistema de alimentación	Sistema de encendido	Sistema de refrigeration	Sistema de embrague	Sistema de carga de batería	Sistema de transmisión	Sistema de suspensión	Sistema de frenos	Sistema de dirección
30/03/2022				✓		✓		✓	
08/04/2022	✓	✓							
16/04/2022					✓				
27/04/2022						✓			
07/06/2022	✓								
18/06/2022				✓				✓	
13/07/2022		✓				✓			
21/07/2022						✓			
19/08/2022								✓	
13/09/2022	✓			✓					
20/09/2022						✓			

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 7

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 2

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
16/03/2022	✓								
24/03/2022			✓						
11/04/2022				✓					
19/04/2022						✓			
27/04/2022	✓							✓	
26/05/2022			✓						
16/07/2022						✓			
26/08/2022				✓					
17/09/2022						✓			
13/09/2022								✓	
20/09/2022	✓								
29/09/2022				✓					

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 8

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 3

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
04/03/2022						✓			
10/03/2022					✓				
02/04/2022				✓					
08/04/2022			✓						
11/05/2022						✓			
16/05/2022				✓					
23/05/2022			✓						
29/06/2022			✓						
04/08/2022				✓					
26/08/2022	✓				✓				
17/09/2022				✓					
27/09/2022						✓			
20/09/2022									

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 9

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 4

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
07/03/2022				✓		✓			
04/04/2022			✓						✓
20/05/2022						✓			
18/06/2022			✓	✓					
29/06/2022				✓					
19/07/2022						✓			
22/08/2022						✓			✓
17/09/2022	✓			✓					

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 10

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 5

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
08/03/2022						✓			
07/04/2022				✓					
16/05/2022						✓			
27/05/2022			✓						
25/06/2022						✓			
15/08/2022				✓					
17/09/2022			✓						
30/09/2022				✓					

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 11

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 6

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
02/03/2022						✓		✓	✓
09/04/2022				✓				✓	
20/04/2022						✓			
27/05/2022	✓								
20/06/2022				✓					
15/07/2022				✓				✓	
30/07/2022							✓		✓
18/08/2022	✓					✓			
13/09/2022							✓		
22/09/2022	✓								✓
13/09/2022									
20/09/2022									

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 12

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 7

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
14/03/2022						✓		✓	
30/04/2022						✓			
20/04/2022						✓			
19/05/2022				✓					✓
20/06/2022						✓			
22/06/2022				✓					
30/07/2022			✓						
10/08/2022									✓
15/09/2022				✓					
23/09/2022								✓	

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes

Anexo 13

Ficha de registro de incidencias en la Unidad N° 8

fecha	Sistema de alimentación	sistema de encendido	Sistema de refrigeration	sistema de embrague	Sistema de carga de batería	sistema de transmisión	sistema de suspensión	sistema de frenos	sistema de dirección
23/03/2022							✓		
15/04/2022			✓		✓				
19/05/2022				✓					
22/06/2022						✓			
30/06/2022						✓			
24/07/2022			✓						
15/08/2022					✓		✓		
30/08/2022						✓			
07/09/2022							✓		
22/09/2022									✓

Nota: Esta ficha registra las fechas y el sistema en la cual presento inconvenientes



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Plan de mantenimiento preventivo basado en metodología RCM para aumentar la disponibilidad a una flota de vehículos de carga de tres ruedas con capacidad de 1000kg en una empresa.", cuyo autor es CULQUI CABANILLAS MAYCOL KEVIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHICLAYO, 19 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DAVILA HURTADO FREDY DNI: 16670066 ORCID: 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 21-12- 2022 19:25:55

Código documento Trilce: TRI - 0495394