



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Plan de mantenimiento predictivo de las unidades vehiculares de
una empresa para incrementar su confiabilidad.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Flores Elias, Rafael Manrique (orcid.org/0000-0001-6453-8182)

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

“Agradecido con DIOS, por darme vida todos los días, dedicado a MI, por superarme cada día, por la dedicación a esta hermosa carrera, dedicarla a mi esposa Jessica Morales Por apoyarme en todo el proceso y a mis hijas Sayumi y Yarumi quienes con su sonrisa hacían que Mis las fuerzas se recarguen hasta el final de la carrera”.

Rafael Manrique Flores Elias

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios, por todos los años que me ha regalado vida, dicha, salud, trabajo y conocimiento para lograr mi familia y carrera universitaria.

Agradezco mi esposa Jessica mis hijas Sayumi y Yarumi mi familia, por apoyarme e incentivarme cada día a cumplir el objetivo de mi segunda profesión.

Agradecer a la Universidad César Vallejo, brindarme la formación en mi segunda profesión, con valores muy bien determinados, y por último agradecer a cada uno de los catedráticos, que la carga sea menor.

Rafael Manrique Flores Elias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo diseño de investigación.....	17
3.2 Variables y operacionalización.....	17
3.3 Población, muestra y muestreo.....	18
3.4 Técnicas, instrumentos de recolección de datos	19
3.5 Procedimientos	20
3.6 Método de análisis de datos	21
3.7 Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Cuadro de técnicas de recolección de datos.....	20
Tabla 2: Calculo de horas de la unidad.....	25
Tabla 3: Calculo de la confiabilidad de las 13 unidades.....	27
Tabla 4: Sistemas criticos	29
Tabla 5: Fallas en la unidad	29
Tabla 6: Fallas según Pareto.....	30
Tabla 7: Fallas de la flota vehicular.	30
Tabla 8: Datos de los reportes	31
Tabla 9: Calculo de horas de falla.	34
Tabla 10: Realizar el plan PdM	37
Tabla 11: Cronograma del nuevo plan.	39
Tabla 12: Nueva confiabilidad después del PdM.....	40
Tabla 13: Gasto de insumos para el PdM	41
Tabla 14: Costo de Mano de obra para el PdM.....	41
Tabla 15: Costo total del PdM	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo de procedimientos / fuente elaboración propia.....	21
Figura 2 Pareto de fallas de las unidades	31

RESUMEN

El presente trabajo de investigación lleva como título “Plan de mantenimiento predictivo de las unidades vehiculares de una empresa para incrementar su confiabilidad” el proyecto nace con la finalidad de disminuir las fallas en una empresa de transporte de mercancías peligrosas, la cual tiene toda la flota con la misma identificación en la fuerza rodante, diseño suspensión, dirección y los demás sistemas del vehículo propio, por lo que los planes de mantenimiento tradicional no les está dando resultado, debido por ello nace la necesidad de adelantarnos a la falla de las unidades nuevas, debido al historial que se tiene recopilado a través de nuestras fuentes para determinar los kilometrajes de falla y prevenirlas, de esta forma la confiabilidad de maquina aumenta significativamente, debido a que la maquina no afectara su ruta, ni parara de laborar por problemas de repuestos ya que con el presente mantenimiento se lograra PREDECIR que componentes ya han fallado y poder ejecutar a las unidades nuevas. El diseño de investigación es de experimental el tipo de investigación fue aplicada debido a que busca verificar la parte teórica con la realidad del día a día. La población y muestra de estudio estuvo compuesta por unidades de la marca FAW Y SHACMAN MOTOR SX4255JT324 FUERZA RODANTE 6X4, cuya información recopilada fue procesada en el software Excel, llegando a la siguiente conclusión, nuestra propuesta de un “plan de mantenimiento predictivo de las unidades vehiculares de una empresa para incrementar su confiabilidad” obtuvieron resultados positivos logrando incrementar el porcentaje de 83.87% de confiabilidad a un 98%, incrementando las revisiones de las unidades y creando un nuevo tiempo de revisión de mantenimiento siendo este a cada 3700 kilómetros de recorrido.

Palabras clave: confiabilidad, fiabilidad, plan de mantenimiento.

ABSTRACT

The title of this research work is "Predictive maintenance plan for a company's vehicle units to increase their reliability." The project was created with the purpose of reducing failures in a dangerous goods transportation company, which has the entire fleet. with the same identification in the rolling force, suspension design, steering and the other systems of the vehicle itself, so traditional maintenance plans are not working, which is why the need arises to anticipate the failure of the new units. , due to the history that has been compiled through our sources to determine failure mileage and prevent them, in this way the reliability of the machine increases significantly, because the machine will not affect its route, nor will it stop working due to spare parts problems. since with this maintenance it will be possible to PREDICT which components have already failed and be able to execute the new units. The research design is experimental, the type of research was applied because it seeks to verify the theoretical part with day-to-day reality. The population and study sample was composed of units of the FAW and SHACMAN MOTOR SX4255JT324 ROLLING FORCE 6X4 brand, whose information collected was processed in the Excel software, reaching the following conclusion, our proposal for a "predictive maintenance plan for the units vehicles of a company to increase its reliability" obtained positive results, managing to increase the percentage of reliability from 83.87% to 98%, increasing the inspections of the units and creating a new maintenance inspection time, this being every 3700 kilometers of travel.

Keywords: reliability, reliability, maintenance plan

I. INTRODUCCIÓN

A pesar que las empresas cuentan con su respectivo plan de mantenimiento, en algunas ocasiones se ha dado lugar a la presencia de muchas fallas, muchos estudios indican que la forma de garantizar el correcto funcionamiento de un mantenimiento preventivo es realizar previamente un PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO tal como lo afirma (Catucuago Cuatucuago, 2022) en su estudio metodológico de un mantenimiento predictivo al tren motriz de un tractor.

Asimismo y a pesar de cumplir con los mantenimientos preventivos periódicamente el número de mantenimientos correctivos aumentan en sistemas que no están comprendidos dentro de los planes de mantenimientos, por ello es preciso determinar qué parámetros permiten conocer su estado general, mediante el uso de sensores y etiquetas electrónicas, mediante la obtención de señales claras y específicas que indiquen funcionamiento de un motor tal como es afirmado por (Mafla, 2021) y (Portocarrero, 2019), también nos puede contribuir mucho en la confiabilidad y eficiencia el sistema LOT es cual es recomendado por (BC Kavitha et al, 2021).

En una empresa de transporte por carretera, donde sus tractos remolcadores utilizan como principal combustible es el GNV y que remolca cisternas de GNV en contenedores altamente pesado y que se trasladan las 24 horas del día por 7 días a la semana, cumplen con sus mantenimientos preventivos pero a pesar de ello tienen un alto índice de fallas, las cuales se tomarán como principal data base para poder tomar acciones que nos conlleven a un pronóstico de fallas con la finalidad de predecir los tiempos en los cuales se pueden presentar, esto se podría realizar dado que lo afirma (Cheng, 2021) en sus estudio basado en pronóstico de fallas, todo esto se puede llevar a cabo pero siempre tomando como referencia una determinada supervisión y control de la toma de datos por fallas correctivas con la única finalidad de aplicar mantenimiento predictivo, tal

como lo expresa (Wang, 2021) en su estudio supervisión para predecir la vida útil del sector automotriz

Actualmente las empresas de transporte por carretera de materiales peligrosos tienen sus planes de mantenimiento acorde a su realidad problemática y estas son tomadas como data para los cálculos de costos (X. Han, 2017) o diversas tomas de decisiones dentro de ello medir que tan confiables son las unidades para trasladar diferentes mercancías, Sin embargo, pocos estudios han abordado múltiples modos de falla que son comunes en muchos sistemas industriales del mundo real. Analizar el proceso de actualización del sistema para minimizar el costo que se espera a largo plazo por hora para encontrar el intervalo de inspección óptimo. Las discusiones brindan información útil para elegir la mejor política según los diferentes requisitos de rendimiento del sistema. (Peng et al., 2022)

La empresa estudiada es nacional , opera en el sector de prestación de servicios de transporte y distribución de materiales peligrosos tiene su sede en la región Piura la cual poseen unidades pesadas que utilizan como combustible principal el GNV, los cuales muestran una problemática al solo aplicar el mantenimiento preventivo basados en recomendaciones del fabricante, debido a que los mismos pueden dejar de funcionar por presentarse fallas en un solo componente y que este demande de mayores tiempos en reparaciones y adicionar servicios que conllevan gastos adicionales e incremento de los tiempos de puesta en marcha por ello queda limitado este mantenimiento. (Tian et al, 2022), mirando de otro flanco, también tenemos que no todo está completamente descubierto o escrito, dejando siempre como rastro nuevos métodos y mejoras para estas insuficiencias en los mantenimientos. (Deepak et al, 2022)

Las causas posibles en relación a este problema, se dan principalmente por que los dueños o empresas solo se basan en los manuales del fabricante (Biau Lua, 2021) al momento de ejecutar los mantenimientos preventivos, donde

descuidan sistemas que son también partes fundamentales en las unidades y que generan altos costos en reparaciones por lo que dejan de promover el estudio de fallas, dejando de lado la tecnología basada en sensores que recopilan la información o las computadoras que vienen integradas donde se acumula y de donde se obtendrá los datos necesarios para el mantenimiento predictivo (Brend bredehorst, 2018).

En resultado, si no se profundiza sobre monitoreo diligente y estrategias de mantenimiento predictivo se tendrán consecuencias catastróficas al presentarse fallas inesperadas. (yuxin wen et al., 2021), entonces se tiene que al no aplicarse este tipo de mantenimiento predictivo los costos de las reparaciones de fallas serán costosas, por lo tanto, si no evolucionamos la ocurrencia de fallas nos llevará a pérdidas en horas (Hernando Vélez et al., 2021), como consecuencia el desarrollo de nuevas formas de mantenimiento se detendrán en el tiempo.

En un estudio realizado para la aplicación de El Mantenimiento predictivo (Ramírez, 2018) nos indica que se vuelve novedosa el orden de ideas el poder implementar mecanismos o sistemas predictivos con la finalidad de anticiparse a las fallas más críticas y recurrentes, luego de un exhaustivo análisis de todos los datos que se tienen de los sistemas mecánicos con más reincidencia para esta implementación será necesaria la aplicación de nuevos métodos y análisis de toda la información de mantenimiento, estudiar del mercado sobre equipos que ejecuten o desarrollen este mantenimiento predictivo actuales y adecuados, así como personal capacitado para el desarrollo de estas actividades.

A partir de lo expuesto se formula la siguiente pregunta: ¿en qué medida se incrementa la confiabilidad de la flota vehicular, mediante la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo en la empresa de transportes?

Para afrontar el problema de investigación se trazó como objetivo general:

Elaborar el plan de mantenimiento predictivo para incrementar la confiabilidad de las unidades vehiculares de una empresa de transportes. Este objetivo general será alcanzado mediante el desarrollo de los objetivos específicos detallados a continuación:

- Evaluar la confiabilidad actual de las unidades vehiculares de una empresa, mediante el diagnóstico de las unidades vehiculares.
- Determinar los sistemas con mayor criticidad de las unidades vehiculares aplicando el método de Pareto.
- Establecer las actividades de mantenimiento de acuerdo con la criticidad de los sistemas mediante formatos de control.
- Determinar la confiabilidad teórica de las unidades vehiculares considerando el mantenimiento predictivo.
- Elaborar presupuesto del plan de mantenimiento predictivo.

II. MARCO TEÓRICO

En un estudio realizado en Cambridge, según (Aremu et al, 2018) detalla como objetivo implementación en el uso de datos para activos como un estándar al prosperar un aprendizaje automático de herramientas analíticas para el mantenimiento predictivo, de esta manera, se lograría una eficiencia para la detección de la falla en el tiempo real para los activos de la empresa, donde estamos desarrollando esta estrategia de mantenimiento predictivo atiende múltiples empresas de transportes las cuales solo se basan y desarrollan sus mantenimientos en preventivo (MP) también conocido como mantenimiento planificado, siendo una estrategia sencilla y popular el cual nos puede ayudar a prolongar la vida útil de las unidades ayudándonos a reducir el gasto de mantenimiento. Como segunda opción el mantenimiento correctivo el cual consiste en la resolución del mal funcionamiento de algún sistema, siendo este solo una salida a una falla no planificada a tiempo siendo este último tipo de mantenimiento el más recurrente y el que les ocasiona mayores pérdidas en horas máquina y en tiempo de producción de la unidad, por lo que se está implementado este tipo de mantenimiento predictivo basado en un análisis de datos para la mejora de sus fallas críticas según historial o adelantarnos a las mismas para reducir tiempos de las unidades en taller, teniendo como filosofía la mejora continua y el mantenimiento predictivo automatizado.

En una amplia búsqueda de información y aportes que nos brinden información a nivel internacional, se toma un artículo perteneciente al país de la india, se aborda como objetivo aplicar diferentes tecnologías y herramientas para el mantenimiento predictivo, y de qué manera se previene la falla, en conclusión, incremento de la vida útil de todos los activos de una empresa, esto se logra utilizando registros que permitan el monitoreo de los equipos, según Behera y Sahoo (2018).

De acuerdo a Bohumala y Gausdal, (2020) en una investigación ejecutada en Noruega, donde se detalla dar un inicio como objetivo de investigación el desarrollo de una solución predictiva del mantenimiento, donde se basa principalmente en inteligencia computacional artificial, al utilizar datos para monitorear la industria naviera en tiempo real, Este estudio nos brinda una mejor visión para entender el mantenimiento predictivo ya que al aplicar técnicas para monitorear y como base una excelente información para prevenir los problemas en tiempo real las fallas.

En un artículo de investigación según Sutherland (2020), tiene como primordial objetivo impedir las fallas en un equipo crítico el cual traiga como consecuencia daños ambientales, de esta investigación tenemos como resultado un previo análisis o validación de datos para iniciar las actividades de las unidades. A través del modelo basado en LSTM para detectar a tiempo las fallas producto del sistema de ensamblaje y fabricación, previniendo su estatus futuro de falla para los mantenimientos predictivos según Huang (2020)

Una nueva búsqueda nos lleva hasta Turquía Ayvaz, Serkan (2021) teniendo como primordial objetivo la detección de posibles fallos que se presenten mediante la utilización de aprendizaje sincronizado. Teniendo como resultado una que el mantenimiento predictivo cumple todas las expectativas con la identificación de fallas en indicadores posibles y con esto se tiene gran éxito, nos facilita la detección de fallos antes que se generen, disminuyendo las paradas de producción. Alpay (2021) concluye que implementar un mantenimiento predictivo basándose en el aprendizaje automático para fabricación, y utilizando los mismos datos del mundo real con respecto a fabricación, resulta ser demasiado útil ya que detecta fallas antes que sucedan, así se notifica a los operadores con mayor tiempo y se pueda tomar las medidas preventivas anticipándose a una parada de producción.

En otro artículo de investigación en Polonia por Paprocka (2020) donde su investigación como objetivo principal prevé el desarrollo de una metodología

estándar donde se estimen parámetros para detectar fallas para los equipos más críticos, para con esto mejorar su eficiencia Kempa (2020) nos indica que los instrumentos que se utilizaron fueron registros de fallas y los tiempos que fallaron los equipos, como resultado se realizan 3 programaciones de mantenimiento predictivo y así lograr mejorar la planificación del mantenimiento. Cwikla (2020) utilizando métodos de robustez de la solución y robustez de calidad se presenta una metodología para la evaluación de riesgos y planificación basado en la teoría de la probabilidad.

Cervantes, Yam (2019) presenta como objetivo primordial implementación del plan de mantenimiento predictivo con el objetivo de mejorar la producción al reducir la falla a través de ejecuciones de mantenimiento, Casanova, Pali (2019) clasifica los mantenimientos al analizar su criticidad de los 4 equipos el cual permite programar a corto, mediano y largo plazo para optimizar el funcionamiento de los equipos. Loria, Zavala (2019) concluye esta investigación aporta la criticidad a través de un análisis utilizando una matriz donde a los equipos con mayor índice de fallas se le aplica un mantenimiento predictivo.

En otra investigación realizada en Colombia, realizada por Rodas (2019) donde nos indica que tiene como objetivo el pronóstico de fallas mecánicas de los equipos más críticos de envoltura con la finalidad de reducir los correctivos y optimizar los trabajos preventivos. Castrillón (2019) nos indica como resultado una clasificación de los datos de las fallas, analizar la relación de fallas entre sí, analizar las gráficas de las fallas y pronóstico aleatorio con esto se obtiene reducción de los tiempos en mantenimiento correctivos.

En el artículo de Fonseca Junior et al. (2019) publicado en Colombia, cuyo objetivo es ejecutar un mantenimiento predictivo que sea eficaz apoyado en el uso de herramientas con la cual se controla y se miden parámetros de los equipos con mayor criticidad en la planta. Como resultado se reducen los costos anuales de mantenimiento correctivo, aumentando el tiempo básico de una falla

y reduciendo el tiempo de reparación en las áreas correspondientes.

En otra información nos detallan que el mantenimiento predictivo debe predecir una falla, para que se pueda brindar solución de manera precisa y efectiva los servicios de mantenimiento. Roy Y Menem (2017). Los mantenimientos predictivos y proactivos en una elaboración ingeniosa tienden a ser sumamente importantes porque garantiza la eficacia, perfección de los insumos, puntualidad en el reparto de productos y se fomenta la seguridad en el trabajo. (Schmidt y Wang, 2018). El recopilar datos, la gestión de estos datos, el diagnóstico de estos datos, presagiar datos, administración de documentos, recursos humanos, perfección del mantenimiento y la logística son etapas muy importantes para la ejecución del mantenimiento predictivo (Ton et al., 2020). La ejecución de los mantenimientos predictivos tiende a maximizar, alargando la vida útil y extiende el tiempo de uso de los componentes o sistemas al mismo tiempo Lee et al. (2019)

En el análisis de Fonseca Junior et al (2019) nos dice que por medio de vibraciones se puede determinar si los equipos o en este caso motores requieren de alineaciones, cambio de soportes o ejes para con esto disminuir la vibración con cambio de partes. Este tipo de análisis vibracional previene de usa análisis modal, donde es posible verificar el tipo de frecuencia y el lugar exacto donde se presentan estas vibraciones, siendo de demasiada importancia que nos dé el resultado y las características de las vibraciones en los equipos. García, Martínez (2017).

Entre los aportes de Henao, Pérez (2020) nos indica que la termografía es una herramienta fundamental en el mantenimiento predictivo, ya que detecta los problemas de funcionamiento de los equipos, pudiéndose utilizar en equipo mecánico o eléctrico, de esta manera monitorea de manera los rangos de temperatura de los equipos sin necesidad de paradas de máquina. De esta manera Gallardo Saavedra et al., (2017) nos indica que en la termografía la

implementación es rápida y sencilla brindándonos resultados en tiempo real, evitando paradas de máquina o de maquinaria ya que no hay perjuicio alguno puesto que no existe necesidad de tener contacto, por el contrario, su precisión es grande en la toma de temperaturas.

La investigación Bhushan y Bokar (2018) donde en su artículo se presenta como primordial objetivo el desarrollo de un sistema predictivo, que mejorará e incrementará la disponibilidad de los equipos de toda la planta siendo posible mediante el estudio del tiempo de reparación media y medio tiempo entre fallas, la mayor disponibilidad de las máquinas y equipos se visualiza reduciendo las fallas que se presentan, siendo el principal requisito llenar o implementar una base de datos.

En otro artículo Alavian (2019) donde indica que la mayor incidencia de parada de máquina o planta se deriva de los defectos que se presentan en los componentes, los mismos que tienen una determinada vibración y funcionalidad, siendo la variación de estos la detección de las fallas de la unidad, todo procedimiento que brinde un análisis de vibración mecánica se usa para el mantenimiento predictivo de los equipos, esto permite detectar con suma precisión el estado y comportamiento de los componentes en un funcionamiento normal.

También encontramos un artículo Pérez (2018) que en su estudio sobre calidad de prestación de servicio y ejecución de la gestión de mantenimiento. Cuyo principal objetivo es identificar la relación directa e indirecta entre la calidad del servicio y la aplicación del mantenimiento. Por consecuencia se determina que la calidad en un servicio está relacionada significativamente con el mantenimiento de la empresa.

En otro artículo Toledo (2018) en su artículo sobre gestión de mantenimiento y productividad, nos indica que estos están directamente relacionados ya que los mismos siempre caminan de la mano para poder obtener la confiabilidad de la operación y disminuir las paradas de máquina.

Entre los aportes Anthony (2020) nos presenta un Sistema de Control Predictivo de Modelo Confiable (DepMPC) la cual está basada en bucles para el control de la retroalimentación, con la finalidad de mejorar la confiabilidad operativa de las unidades, esto se logra gracias a la tolerancia de las múltiples fallas en los controladores MPC y el flujo de información manejada con Time – Sensitive Networking (TSN), Hunjet, Roberto (2020) quien nos indica que la discusión principal se basa en la conectividad lógica y no en la arquitectura del hardware.

Finalmente de la búsqueda del mantenimiento predictivo encontramos un artículo theissler, Andreas (2021) publicado en Alemania nos comenta sobre la norma ISO 26262 la cual es una norma internacional la cual está basada en para la seguridad de la funcionalidad en la industria automotriz, esta norma aplica a los sistemas eléctricos y electrónicos los cuales constan de componentes software y hardware en todos los vehículos de los últimos años, Velázquez, (2021) es primordial garantizar la seguridad funcional de todo el desarrollo dentro del periodo de vida útil de todos los componentes, de este manera reducir los costos de reparaciones el cual se ha convertido en uno de los más grandes retos de la actualidad.

Ketelgerdes, Marcel (2021) nos dice que en la actualidad todos los vehículos vienen con demasiados datos operativos, entonces ML (Machine learning) surge como el candidato idóneo para el PdM (Mantenimiento Predictivo)

Después de haber revisado todo el artículo y teoría con bases científicas, podemos confirmar que el mantenimiento predictivo es una nueva forma de mantenimiento aplicando diferentes formas, todo esto se aplica a las nuevas tecnologías basadas en mucha información la cual se almacena. Esta se almacena en base de datos las cuales puedes ser procesadas por programas cuya principal función es programar con determinado tiempo la vida de un componente o sistema atacando con anticipación la falla de esta manera se

evita que las unidades vehiculares pierdan tiempo en reparaciones Hunjet, Robert (2020) ya que con este mantenimiento predictivo basado en confiabilidad nos brindara mayor disponibilidad de flota y reducción de tiempos de servicios correctivos, de esta combinación de recopilación de datos de distintas fuentes mejoramos la precisión de la trata de base de datos a la respuesta del mantenimiento.

2.1 Mantenimiento predictivo:

Este tipo de mantenimiento se emplea usando datos claves para anticiparnos a fallos en los distintos sistemas de los vehículos, esta es una estrategia la cual emplea diferentes instrumentos y procedimientos de inspección de datos para hallar desviaciones en el funcionamiento de los sistemas del automóvil.

Ahora es relativamente fácil de encontrar para los profesionales de mantenimiento estrategias a seguir basándose en una guía adecuada de mantenimiento Sin embargo, para cada tipo de error en el cálculo de la rutina de inspecciones, los antecedentes actuales sobre mantenimiento predictivo, para P-F la Curva del tiempo entre revisiones deberá ser solo medió tiempo potencial entre falla y medio tiempo funcional con la falla (intervalo de P-F), de lo contrario La inspección debe ser más corta que el intervalo P-F. Ambos son más largos que el tiempo de reparación.

Desafortunadamente, este método para hallar la constancia de una inspección prevista incluye: Los siguientes problemas: 1. Datos insuficientes para crear curvas para cada modo de falla 2. La curva cambiará cuando se afecta por causas externas como: variación operativa, fallas operativas y debilidades técnicas; y mantenimiento.

Las mayores veces, la frecuencia se calcula utilizando la curva P-F. Por

lo general, algunos componentes principales de la maquinaria bajo inspección, o Uso de estándares de control informales basados en costos de inspección Comparado con el costo de no poder predecir errores. Con base en lo anterior, como método de cálculo formal, Frecuencia de inspección predictiva considerando riesgo - costo - Utilizar la decisión del responsable del área de mantenimiento y justificar. Comprender el impacto del gasto estratégico considerado en el presupuesto Luego, la fábrica desarrolla un modelo matemático destinado a brindar una idea de Valor de tiempo entre comprobaciones predictivas. Siendo el intervalo del valor de control predictivo directamente proporcional a 3 Factores siendo factor costo, falla, adaptación. entonces relación Las matemáticas se definen como:

$$I = C \times F \times A$$

Detallando:

- C = factor costo.
- F = factor falla.
- A = factor ajuste.

Factor Costo: El factor costo reduce las pruebas predictivas a el costo de no detectar errores. En general, este costo es igual al tiempo, Tiempo necesario para sacar las piezas de repuesto del almacenamiento (externo o interno) No planificado a la ubicación de la falla multiplicado por la cantidad pérdida por unidad de tiempo de inactividad para el equipo que representa. Otros gastos asociados con impactos de calidad relacionados con fallas impredecibles de productos, en caso de recomendaciones que pueden afectar negativamente a la seguridad laboral y al medio ambiente monitoree continuamente la condición del equipo ya que las lesiones y las lesiones son costosas el impacto ambiental es inconmensurable o, en el mejor de los casos, muy valioso.

Cuanto más cerca esté el intervalo de inspección de 0, mayor será.

El factor del costo tiene la siguiente relación:

$$C = \frac{C_i}{C_f}$$

Donde:

- C_i = costo inspección predictiva (unidades monetarias)
- C_f = costo que incurre al no detectar fallas (unidades monetarias)

Factor falla: definimos como factor falla, el número de veces que es posible detectar las fallas con la inspección predictiva, dividiéndola entre la ratio de fallas.

Definiendo:

La unidad factor falla está determinada en años por inspección

$$F = \frac{F_i}{\lambda}$$

- F_i = totalidad de fallas que deberían ser detectadas aplicando tecnología predictiva (la cual se expresa en fallas por inspección)
- λ = ratio fallas presentada por la máquina, también podrían ser detectadas aplicando tecnología predictiva (la cual se expresada en fallas por año)

Factor ajuste: Después de calcular el producto del factor costo y el factor falla, seguimos adelante. Multiplicando un factor de ajuste basado en que la probabilidad de 0 o más ocurrencias de fallas por año según la distribución acumulativa de Poisson. La media es igual a λ (la tasa de fallas expresadas por año). Para calcular esto el logaritmo natural de la función matemática multiplicado por -1 (-ln), Esto es muy parecido al criterio empresarial de aumento o incremento. Reducción del intervalo de

prueba teniendo como ocurrencia la probabilidad de 0 o más fallas en un año. un valor de 0 al valor de la probabilidad de ocurrencia En torno a 0,37 la función devuelve resultados con valores entre infinito y 1 Una probabilidad entre 0,37 y 1, la función devuelve un resultado entre 1 y 0. La probabilidad que ocurran fallos reduce los intervalos de inspección previstos exponencialmente.

La ocurrencia probable de falla de más de 0 está definida como:

$$1 - P(0, \lambda) = 1 - e^{-\lambda}$$

$P(0, \lambda)$ función de distribución acumulada de Poisson cuando el valor de ocurrencia 0 y media λ

Así el factor ajuste será igual:

$$A = -\ln(1 - e^{-\lambda})$$

Notaremos el factor de ajuste sera un número adimensional.

Se tiene que lo descrito antes se ve definido como intervalo para inspecciones predictivas quedando definida como:

$$I = - \frac{C_i \times F_i}{C_f \times \lambda} \times \ln(1 - e^{-\lambda})$$

Expresada en años de inspección, siendo la relación lo inverso a la frecuencia de inspección (f), está que estará detallada en inspecciones anuales.

El modelo se recomienda para valores de λ inferiores a 1. Si es mayor que 1, la frecuencia de inspecciones se puede aumentar la dimensión de que el costo de las pruebas por año puede ser más alto que de otra

manera puede encontrar el error. Un valor de frecuencia de 52 o más exámenes por año, Si el costo anual de la prueba excede el 10% del costo total posibilidad de detectar errores, se recomienda considerar instalar el monitoreo constante o continuo para obtener información precisa y en tiempo real sobre los parámetros seleccionados con la finalidad de determinar el mantenimiento condicional y/o realizar un análisis de causa raíz, la ruta tiene como objetivo reducir la tasa de fracaso a un valor de no más de una vez al año, Mediante el rediseño de procedimientos, equipos operacionales, ingeniería y mantenimiento.

2.2 Confiabilidad:

Se refiere a la probabilidad que un artículo, componente, dispositivo, planta o sistema realice su función definida en un diseño durante un periodo de y tiempo determinado basado en las condiciones operacionales. En otras palabras, se espera que el equipo funcione normalmente en una operación determinada durante el período de tiempo previsto.

Para aclarar los horizontes, en relación a los cálculos, necesitamos aclarar qué entendemos por confiabilidad. La confiabilidad se definiría como: La probabilidad que un sistema, activo o componente realice su función correctamente durante un determinado período de tiempo, bajo ciertas condiciones de operación previamente definidas.

También es importante enfatizar que la confiabilidad se determina sobre un período de tiempo específico (semanal, mensual, anual, etc.) y bajo el contexto operativo en el que se opera el activo o sistema. no es lo mismo. Por ejemplo, una bomba bombea agua y otra bombea una mezcla de piedra caliza y agua. Aquí, si bien ambas bombas son iguales, sus condiciones de operación son diferentes y afectan directamente la

operación de la planta.

La ecuación básica se definiría como:

$$R = f(MTBF, MTTR)$$

Donde:

- R = Confiabilidad.
- MTBF = Tiempo medio entre fallas.
- MTTR = Tiempo medio para reparación.

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

Ahora si relacionamos las variables de la ecuación tenemos:

$$MTBF = \left[\frac{ht}{p} \right] \times 100$$

Para hallar el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación tenemos:

$$MTTR = \left[\frac{hp}{p} \right] \times 100$$

Donde durante el periodo de evaluación tenemos:

- ht = horas trabajadas.
- p = número de paradas.
- hp = horas de paro.

Aquí es donde debemos tener claramente la clasificación de las paradas o horas de paro por mantenimiento o producción si se quiere calcular la confiabilidad.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo diseño de investigación

Conforme a su objetivo, nuestro informe se presenta de tipo aplicada. Para Andreas Theissler (2021) porque es la cual va direccionada a resolver objetivamente los problemas que afectan la productividad de los servicios, donde también interviene la mano del hombre en la ejecución de las tareas de este nuevo tipo de mantenimiento.

3.1.1 Tipo de investigación aplicada:

El estudio será una investigación aplicada siendo el objetivo la resolución de un determinado problema o un planteamiento específico el cual se enfoca en buscar y consolidar el conocimiento para su aplicación y con esto se busca enriquecer el desarrollo científico y cultural.

3.1.2 Diseño de investigación no experimental

El diseño no experimental se utilizará debido a que no se manipulará la variable basándonos principalmente en la observación de eventos y como se dan en su contexto para después analizarlos.

3.2 Variables y operacionalización.

3.2.1 Variable independiente: Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo está basado en la recolección de datos, lo cual es lo básico para la determinación de los problemas, los cuales se deben tener o en su mayor de los casos recopilar la mayor información de estos para la elección, el mantenimiento predictivo es de gran ayuda eliminando las interrupciones no

programadas, optimiza los procesos, reduce las fallas, aumenta la confiabilidad y mejora la productividad.

3.2.2 Variable dependiente: confiabilidad

La fiabilidad o confiabilidad es una parte importante en el mundo automotriz dado que no es lo mismo tener una flota disponible que confiable, por ello definiremos confiabilidad como la probabilidad que los sistemas produzcan los mejores resultados esperados.

Por ello al tener una flota de vehículos ¿queremos que estén disponibles para la ruta indicada o queremos que sean confiables para terminar la ruta? Obviamente llegamos a la conclusión que una cosa no es posible sin la otra.

Por lo tanto, llegamos a determinar, que cuanto mayor sea la confiabilidad, mayor será la disponibilidad.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población:

La población está determinada por todas las unidades pesadas de transporte de materiales peligrosos cuyo combustible utilizado es el GNV, que circulan en la región Piura.

Criterios de inclusión: este estudio está definido para las unidades tracto remolcador de transporte de mercancías peligrosas como GNV o GNC de la región Piura y que se transitan las 24 horas del día.

Criterios de exclusión: el resto de unidades que no cumplen con las características detalladas para el transporte de mercancías.

3.3.2 Muestra.

La muestra está determinada por todas las unidades pesadas de transporte de materiales peligrosos cuyo combustible utilizado es el GNV, que posee la empresa de transportes en la región Piura. La selección de una muestra nos permitirá tener una mejor y más rápida respuesta al estudio que se está ejecutando, la cual está comprendida por las unidades de transporte de materiales peligrosos en este caso tractos a GNV (Gas Natural Vehicular) o GNC (Gas Natural Comercial) de la empresa de transportes ubicada en la región Piura, esta muestra nos permitirá controlar mejor las variables a estudiar.

3.3.3 Muestreo

En el presente documento de investigación se aplicó el muestreo no probabilístico, basándonos en una población de 14 unidades las cuales pertenecen a la empresa de transporte.

3.3.4 Unidad de análisis:

Nuestra unidad de análisis la conforma cada vehículo y en su totalidad la flota de unidades.

3.4 Técnicas, instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección se utilizaron formatos denominados registro defecto de camión los cuales son los instrumentos de medición.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son fiables, debido a que la información es reflejada en una empresa de transporte por carretera.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son el modo para utilizar en el que el investigador recolecta y registra la información, de esta manera en la presente investigación se escogen los instrumentos donde se cumplen los objetivos, deben ser válidos, tener confiabilidad y cumplir sus objetivos.

Lista de verificación: método sencillo, confiable y económico para describir o evaluar.

Los reportes de defecto de camión: se utilizaron para poder informar a detalle los trabajos a ejecutar en las unidades de acuerdo a los sistemas que están presentando fallas.

Técnica	Instrumento
Observación directa	Lista para verificación
Análisis de documentación	Reporte de defectos de unidad
Análisis de modos de falla	Formatos de mantenimiento

Tabla 1 - Cuadro de técnicas de recolección de datos

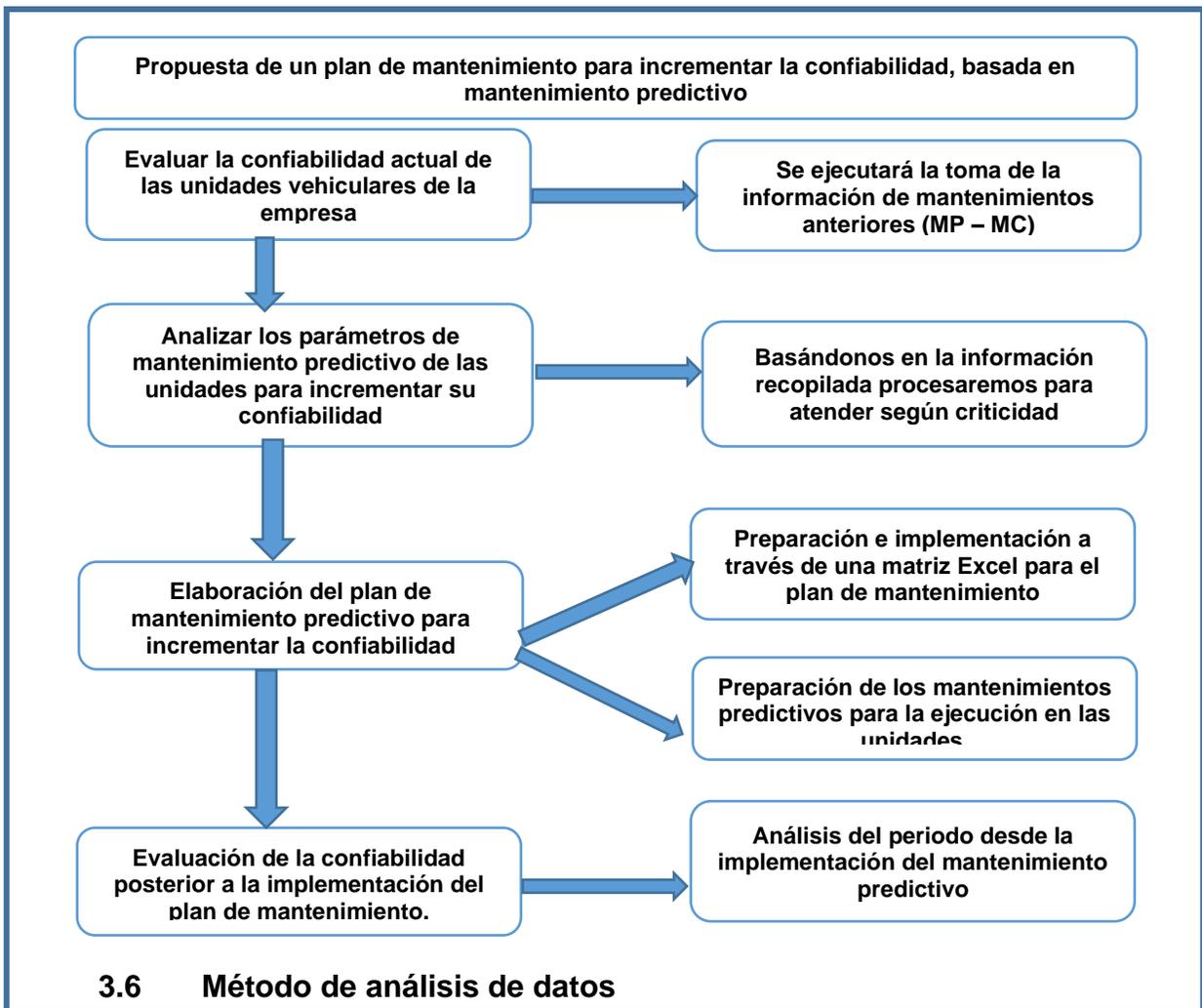
Para la ejecución de la investigación se procedió a utilizar técnicas como observación directa, análisis de documentos que le tornará fundamental, análisis de fallas complementando el análisis documental, de esta forma los instrumentos a utilizar para llegar a las conclusiones serán una determinada lista de verificación y los formatos de mantenimientos que son de donde se recogerá la mayor información para la elaboración de un mantenimiento predictivo.

3.5 Procedimientos

El presente estudio se realizó bajo la autorización de la empresa

pertinente y teniendo en cuenta la criticidad de sus unidades, la mejora de los mantenimientos tanto como el preventivo y enfocándonos más al predictivo como fuente de todo lo que se realiza para que las unidades logren un funcionamiento que permita la fiabilidad de las mismas para el transporte por carretera ya que nos estamos enfocando en las unidades móviles tanto en unidades livianas como pesadas.

Figura 1 Diagrama de flujo de procedimientos / fuente elaboración propia



Para Wanga Chía (2020) las estadísticas descriptivas respaldan el procesamiento, la interpretación y el análisis de datos de estudios cuantitativos, las estadísticas descriptivas le permiten examinar los datos

de la variable y comprender el tamaño de la variable para poder analizarla, procesarla y resumirla. Esto nos permitió la obtención de medidas en tendencia central y varianza. Las estadísticas de inferencia ayudan a precisar el nivel de significación de los resultados mediante las pruebas paramétricas y no paramétricas.

Los datos de la prueba previa para las variables independientes y dependientes se utilizan para el análisis descriptivo de este documento de investigación. Estos datos fueron tomados de los registros de trabajos de mantenimiento, de igual manera se desarrolló para cada colección, análisis y gráfico en Excel. Hojas de cálculo.

3.7 Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación se sujetó a estándares y normas de la Universidad César Vallejo a través de la elaboración de un proyecto de investigación. Así mismo se cumplió con la autoría de los tratados de investigación, libros, etc. Este proyecto de investigación cumple con el permiso y manejo de información sensible, el resultado es genuino y su finalidad principal es ayudar a mejorar el problema planteado.

Nuestra principal virtud en el desarrollo del proyecto es la ÉTICA por ello definiremos 4 artículos del código de ética proveniente de la Universidad César Vallejo.

Artículo 3: La presente investigación debe ser honesta en todo el proceso. El investigador debe tener en cuenta que deberá respetar el derecho de autor de otro investigador.

Artículo 8: El investigador tiene como responsabilidad la denuncia de actos que presentan mala intención en el desarrollo al personal competente.

Artículo 10: Nuestra universidad UCV impulsa respetar los derechos del autor, sancionará a todos aquellos autores y también coautores que

infringir o cometan copia o cualquier acto que esté fuera del parámetro ético de esta investigación.

Artículo 15: En relación con aquello que contenga plagio, falsedad de datos, eliminación de experimentos, elaboración de datos, y aquello relacionado al artículo 3 es considerado falta de ética.

IV. RESULTADOS

➤ Diagnóstico de la flota vehicular y su confiabilidad.

La flota vehicular consiste en 14 unidades TRACTOS REMOLCADOR de la marca FAW Y SHACMAN MOTOR SX4255JT324 FUERZA RODANTE 6X4, cuyo motor es un **WP10.380E22 (WEICHAH Brand, euro 2) de 380HP siendo su combustible utilizado el GNV- GAS NATURAL VEHICULAR** los cuales son utilizados para traslado de combustible GNV, tienen las siguientes rutas a 80 km/h como máxima velocidad de tránsito:

Ruta 1.- PIURA – ALTO (TALARA) – PIURA siendo su recorrido aproximado 6 horas a más dependiendo del tránsito y una distancia de 300 km.

Ruta 2.- PIURA – MOTUPE - PIURA siendo su recorrido aproximado 8 horas a más dependiendo del tránsito y una distancia de 390 km.

Ruta 3.- PIURA – CHICLAYO – PIURA siendo su recorrido aproximado 8 horas a más dependiendo del tránsito y una distancia de 440 km.

Por lo tanto, estas unidades deben estar en constante movimiento siendo indispensable contar con la máxima confiabilidad posible de los vehículos y cuya disponibilidad de la flota deberá ser la mayor permisible teniendo solo paradas para su mantenimiento preventivo de 2, 4, 6 y 8 horas respectivamente, los cuales no nos están brindando el resultado esperado debido a que las unidades tienen paradas inesperadas haciendo que el porcentaje de confiabilidad baje, esta baja afecta la transitabilidad y la disponibilidad de unidades, estas unidades transitan las 24 horas del día teniendo paradas de 1 hora en el Alto, 1.5 horas en Piura para abastecer y 1.5 horas en los destinos Motupe y Chiclayo respectivamente, las unidades tienen las mismas características en motor y se trasladan por las mismas rutas antes mencionadas, estas unidades son utilizadas para el traslado de material peligroso e inflamable, los tractos remolcan carretas con tanques de GNV con un peso total de 52 toneladas cargado y vacío de 48 toneladas. Por ello es

necesario verificar las paradas inesperadas tomando los datos de las unidades para poder aplicar una predicción de fallas lo que nos permitirá aumentar la confiabilidad aplicando un mantenimiento predictivo.

Posterior a la descripción de las actividades de las unidades se procedió a evaluar la confiabilidad actual en un periodo de 3 meses de toda la flota tabla 3, tomando como análisis la unidad con placa F8A-866, para evidenciar su confiabilidad tabla 2. A continuación, se desarrolló con la cantidad de horas que perjudicaron su confiabilidad, se toma como referencia que la unidad trabaja las 20 horas del día las 4 restantes son para las paradas técnicas de estiramiento de los conductores, esta data es tomada en un periodo de 90 días.

Tabla 2: Calculo de horas de la unidad

Suma total de la cantidad de horas que la unidad permaneció en taller y que afectó la confiabilidad

Fecha de ingreso de la unidad al taller	hora de ingreso	hora de salida	minutos que estuvo en taller	Horas en taller
05-Jun	11:00	11:28	28	0.47
06-Jun	18:00	00:30	390	6.50
08-Jun	06:30	19:30	780	13.00
09-Jun	06:20	15:00	520	8.67
17-Jun	22:00	04:00	360	6.00
20-Jun	16:00	00:52	532	8.87
21-Jun	08:00	04:30	1230	20.50
24-Jun	06:00	17:30	690	11.50
03-Jul	00:30	08:00	450	7.50
03-Jul	15:00	16:50	110	1.83
06-Jul	17:30	19:50	140	2.33
10-Jul	10:00	11:31	91	1.52

11-Jul	17:30	19:44	134	2.23
12-Jul	17:30	21:00	5970	99.50
23-Jul	19:30	21:00	90	1.50
25-Jul	06:30	06:40	10	0.17
26-Jul	02:30	04:11	101	1.68
27-Jun	07:00	04:30	1290	21.50
05-Ago	06:30	08:56	146	2.43
06-Ago	08:30	02:07	1057	17.62
18-Ago	15:00	23:57	537	8.95
20-Ago	04:00	09:30	330	5.50
20-Ago	19:00	20:00	60	1.00
			TOTAL	250.77

Unidades	1
Traslado en horas	20
Días laborados	90
MTBF	2080.08
MTTR	250.77

$$Fiabilidad = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \right)$$

$$Fiabilidad = \left(\frac{2080.08}{2080.08 + 250.77} \times 100 \right) = 89.24$$

El cálculo anterior nos da como resultado que la confiabilidad de esta unidad de placa F8A-866 fue de 89.24%, la empresa de transportes solicita a través del área de distribución de GNV que las unidades deben mantener un 98% de confiabilidad esto con la finalidad de cumplir con los horarios de llegada a los puntos de distribución, por lo tanto, esta unidad no cumpliría los requisitos solicitados con respecto a la confiabilidad

En la tabla 3, se detalla la confiabilidad de las 13 unidades restantes siguiendo

el mismo procedimiento de cálculo, tomando en cuenta que las unidades consumen GNV y transportan GNV, tienen las mismas características, se trasladan por las mismas rutas y los conductores de esta flota tienen las mismas capacidades para manejar cualquier placa o unidad tracto de la empresa. Al ejecutar el cálculo de la confiabilidad real y restarle la confiabilidad esperada teórica, encontramos un valor negativo siendo este de -0.92% dado que esta es la única unidad que presenta una confiabilidad de 98.92% siendo mayor a la esperada.

Tabla 3: Calculo de la confiabilidad de las 13 unidades

Confiabilidad de las 13 unidades y tiempo que las unidades estuvieron en taller (data 3 meses).

Año	Placa unidad	MTTR	Confiabilidad real	Con. esperada	Déficit
2014	F8A-866	399.93 horas	83.87%	98%	8.76%
2014	F7Y-871	250.77 horas	89.24%	98%	14.22%
2014	F7Z-865	195.97 horas	91.39%	98%	6.61%
2014	F7Y-909	165.05 horas	92.65%	98%	5.35%
2014	APG-919	86.07 horas	96.03%	98%	1.97%
2016	F8G-934	64.63 horas	96.99%	98%	1.01%
2014	F8E-802	305.63 horas	87.20%	98%	10.8%
2014	F8D-888	101.23 horas	95.34%	98%	2.64%
2014	F8F-736	129.90 horas	94.12%	98%	3.88%
2014	F8E-725	69.40 horas	96.77%	98%	1.23%
2017	AKW-898	22.72 horas	98.92%	98%	-0.92%
2016	ADL-868	312.20 horas	86.95%	98%	11.05%
2016	ADL-934	278.40 horas	88.20%	98%	9.08%
2017	AMV-747	94.47 horas	95.66%	98%	2.34%

Después de determinar la confiabilidad de cada una de las 13 unidades tractos de la empresa de transporte de GNV, se evidenció que la mayoría está con una confiabilidad menor a la requerida por la empresa y el área de operaciones el cual espera tener una confiabilidad de 98%, para con ello cumplir con la producción, en esta tabla 3 se tiene una unidad con la más baja confiabilidad la cual se encuentra brindando solo el 83.87%, debido a que la mayor parte del tiempo se encuentra en taller ejecutando los mantenimientos correctivos, también se evidencio que solo 1 tracto presenta las condiciones óptimas de confiabilidad requerida por la empresa y el área de operaciones, siendo la unidad de placa AKW-898 la cual tiene el 98.92%.

➤ **Determinación de los sistemas críticos**

Después de determinar la confiabilidad inicial de las unidades que se trasladan por las mismas rutas y trabajan 20 horas al día con paradas de descanso ya establecidas que suman 4 horas, se procede a determinar los sistemas con mayor criticidad de las unidades vehiculares de la empresa de transportes, esta data se obtuvo de los formatos utilizados y llenado en un Excel, se aplicó el método de Pareto, determinando los sistemas que más criticidad presentan y por los que se tienen mayores ingresos a taller, data en anexo 3, se procedió a determinar cuáles son los sistemas que necesitan atención urgente. Después del diagnóstico de la flota se encontró con la siguiente tabla 4, se aplicó el método Pareto para la evaluación y posterior aplicación del mantenimiento predictivo a los sistemas críticos de los tractos que consumen GNV de la empresa de transportes para la distribución de GNV.

Tabla 4: Sistemas críticos

Determinación de los sistemas críticos para la unidad

Frecuencia: Número de fallas							C: Crítico	(41 - 60)	
Consecuencia: [(Imp Operacional x Flexibilidad) + Costo Mtto + Imp SAS]							SC: Semi	(21 - 40)	
Crítico							NC: No Crítico	(0 - 20)	
Críticidad Total: Frecuencia x Consecuencia									
Ítem	Modo de Falla	Frecuencia	Consecuencia				Riesgo		
			Impacto Operac.	Flexib.	Costo Mant.	SA S.	Total Consec.	Valor	Críticidad
1	Sistema frenos	20	3	2	1	5	12	48	Crítico
2	Neumático posterior	19	2	2	2	2	8	32	Semi Crítico
3	Perdida de potencia	17	2	2	2	2	8	32	Semi Crítico
4	Aceite de motor	13	1	2	1	3	6	24	Semi Crítico
12	Susp. Neumática	12	2	2	2	1	7	28	Semi Crítico
13	Luminaria	9	2	1	1	3	6	24	Semi Crítico
15	Fugas de aire	6	1	1	1	1	3	6	No Crítico
16	Baterías	6	2	2	1	1	6	6	No Crítico

Tabla 5: Fallas en la unidad

Fallas que se presenta en la unidad de transporte de GNV.

SITUACIÓN DE LA FLOTA	FALLAS	ACUMULADO	80-20
Frenos de ruedas posteriores	20	20%	20 80%
Cambiar llanta posterior	19	39%	39 80%
Perdida de Potencia	17	56%	56 80%
Rellenar aceite de motor	13	69%	69 80%
Bolsas de suspensión	10	79%	79 80%
Luces delanteras	9	88%	88 80%
Fugas de aire	6	94%	94 80%
BATERIAS	6	100%	100 80%
Total, general	100		

Tabla 6: Fallas según Pareto

Determinar fallas de unidad F8A-866 según Pareto.

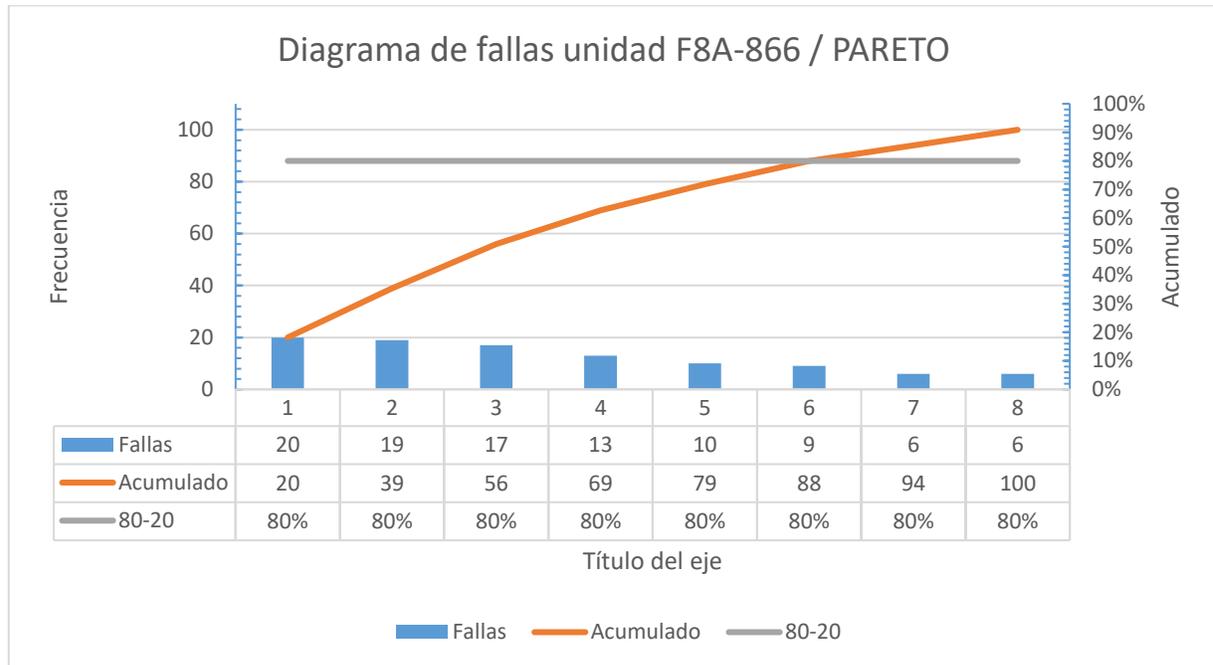


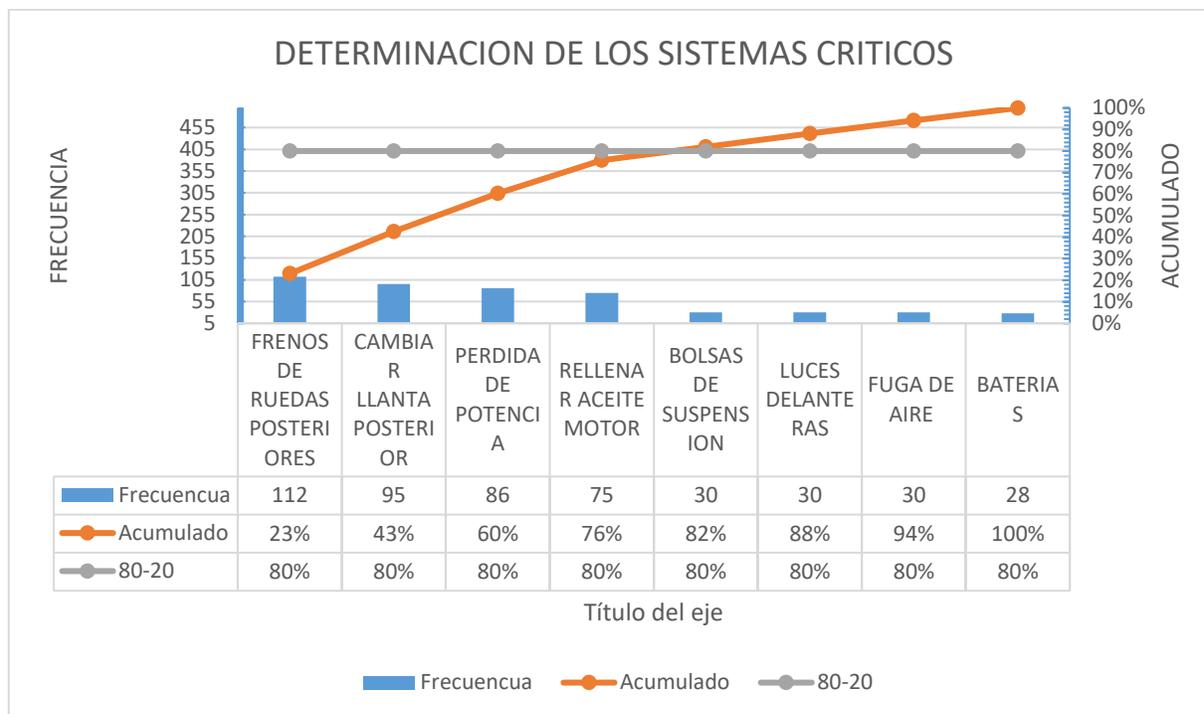
Tabla 7: Fallas de la flota vehicular.

Fallas que se presentan en todas las unidades de transporte de GNV

Etiquetas de fila	Frecuencia		Acumulado 80-20		
Frenos de ruedas posteriores	112	23%	112	23%	80%
Cambiar llanta posterior	95	20%	207	43%	80%
Perdida de potencia	86	18%	293	60%	80%
Rellenar aceite motor	75	15%	368	76%	80%
Bolsas de suspensión	30	6%	398	82%	80%
Luces delanteras	30	6%	428	88%	80%
Fuga de aire	30	6%	458	94%	80%
Baterías	28	6%	486	100%	80%
Total, general	486	100%			

Figura 2 Pareto de fallas de las unidades

Diagrama de Pareto para manifestar la cantidad de fallas de la flota.



Esta data proviene de los formatos de mantenimiento Anexo 5, de tipo inspección visual y encuesta que se aplicó a los conductores de toda la flota de unidades de transporta GNV, con la finalidad de determinar cuántos y cuáles son los sistemas críticos y por lo que la flota automotriz tiene baja confiabilidad.

Tabla 8: Datos de los reportes

Data obtenida de los reportes de defecto de camión.

F. Entrada / hora	Placa	KM	Marca	REPORTE DEFECTO DE CAMION	Razón de Mantenimiento
01/06/2022 00:01	F8E-802	35493 0	FAW	falta completar aceite de motor	mantenimiento correctivo
01/06/2022 08:00	ADL-868	31077 5	FAW	pernos de barra rotos	mantenimiento correctivo
02/06/2022 00:10	F8E-802	35560 7	FAW	fuga de aire por manguera	mantenimiento correctivo
02/06/2022 00:10	ADL-934	45775 5	FAW	llanta cortada en el costado	mantenimiento correctivo
02/06/2022 07:00	F7Y-909	48094 3	SHACMA N	revisar luces / rellenar aceite de motor / regular cambios	mantenimiento correctivo
02/06/2022 23:24	F7Y-909	48108 7	SHACMA N	unidad no arranca en ruta	auxilio mecánico

02/06/2022 20:00	F8E- 802	35602 9	FAW	unidad recalienta	mantenimiento correctivo
03/06/2022 15:30	AMV- 747	15107 3	FAW	mantenimiento general	mantenimiento correctivo
03/06/2022 23:00	ADL- 868	31172 3	FAW	falta completar aceite de motor	mantenimiento correctivo
04/06/2022 08:21	F7Z- 865		SHACMA N	unidad de apaga en ruta	mantenimiento correctivo
05/06/2022 08:21	ADL- 868	31223 4	FAW	unidad de apaga en ruta	auxilio mecánico
05/06/2022 03:30	AMV- 747	15176 9	FAW	fuga de aire por niples de bolsa de aire / necesita engrase general /	mantenimiento correctivo
05/06/2022 11:00	F8A- 866	45715 2	SHACMA N	perno de amortiguador flojo	mantenimiento correctivo
05/06/2022 17:00	F7Y- 909	48237 1	SHACMA N	timón duro / falta hidrolina / purgar filtros de gas	mantenimiento correctivo
05/06/2022 17:00	F8D- 888	42928 3	FAW	unidad perdió potencia en subida ñaupe	auxilio mecánico
05/06/2022 23:00	F8F- 736	49795 2	FAW	focos quemados	mantenimiento correctivo
06/06/2022 03:00	F7Z- 865	45573 4	SHACMA N	no ingresan los cambios / palanca no funciona	auxilio mecánico
06/06/2022 10:36	ADL- 934	33642 2	FAW	poner jebe a la barra de suspensión / regular frenos / engrasar cruceas / ajustar neblineros / no abre puerta lado derecho	mantenimiento correctivo
06/06/2022 13:30	F8G- 934	45951 6	FAW	amortiguador posterior vaciados / jala a la derecha vibra / cambiar de posición los neblineros / cambio de llantas	mantenimiento correctivo
06/06/2022 14:50	F8F- 736	49833 6	FAW	llanta picada en el costado / bosa de aire anulada / cambio de llanta balón	mantenimiento correctivo
06/06/2022 16:20	F7Z- 865	45598 0	SHACMA N	palanca de cambios no tenía control se rompió perno / arreglar luces se quedan pegados	mantenimiento preventivo

Después de la ejecución de la recopilación de datos para determinar los sistemas críticos y que afectan la confiabilidad de la unidad se tiene que la mayor incidencia en fallas es por 4 sistemas que impactan directamente en la disponibilidad y en la confiabilidad, estos sistemas serian:

- sistema de frenado posterior.
- Llantas de ruedas posteriores.
- perdida de potencia.
- Aceite motor – relleno

Con estos sistemas fallando la confiabilidad de las 13 unidades no es la requerida, ya que al contar con una unidad que no activa el freno, se convierte en una unidad que no es confiable.

- **Estableciendo las actividades de mantenimiento según la criticidad encontrada**

Después de determinar las fallas en los sistemas específicos de las unidades, y determinar el tiempo promedio en que fallaron, y que hicieron que la confiabilidad de las unidades se encuentre por debajo del ideal, se procedió a plantear las actividades según la criticidad que permitan un continuo funcionamiento de las unidades en el cumplimiento de sus labores diarias evitando paradas no programadas, y así en forma indirecta permitir el incremento de la confiabilidad teórica de las unidades, el mantenimiento predictivo estará basado en los datos encontrados y evitaremos que las mismas fallas vuelvan a ocurrir en los sistemas específicos.

Tomando como referencia los datos reunidos en Junio Julio y Agosto, 3 meses de trabajo de las unidades podemos tomar acciones para la ejecución del plan de mantenimiento predictivo, tomando acciones directamente sobre las fallas de los sistemas específicos los cuales son los que presentan mayor criticidad, tomando como referencia el diagrama de Pareto, se identificaron los 4 sistemas críticos detallados en el objetivo 2 que afectan directamente la confiabilidad y como se detalló líneas arriba todas las unidades de estudio realizan las mismas labores, tienen los mismos recorridos, es decir, todas las actividades son semejantes. Es posible trabajar con la unidad cuyos sistemas críticos presentan fallas más agudas y las actividades programadas se pueden generalizar a las demás unidades.

En la tabla 07 se presentan los datos del mes de junio del 2022 de la unidad F8A-866 donde se reflejan la cantidad de horas que transcurrieron para que la unidad presente fallas en los sistemas que ya hemos definido como críticos.

Tabla 9: Calculo de horas de falla.

Calculó en que horas la unidad fallo desde el momento que salió a circular.

sistema critico	Tiempo transcurrido hasta la falla	Sist. Especifico
Sistema de potencia	137:59:00	Perdida De Potencia
	471:59:00	Perdida De Potencia
Neumáticos posteriores	137:59:00	Neumático dañado
	487:59:00	Cambiar Llanta Posterior
Sistema de freno posterior	198:19:00	Frenos demasiado largos
	405:59:00	Freno De Rueda Posterior
Aceite de motor	106:59:00	Falta aceite al motor
	557:59:00	Rellenar Aceite

Después de tener los datos de las horas en que se presentaron las fallas en los sistemas que afectan directamente la confiabilidad de las unidades procederemos a calcular el km en que ocurrieron estas fallas, con la finalidad de elaborar un plan de mantenimiento directamente a estos sistemas e incluirlos en el plan de mantenimiento, con lo cual la confiabilidad teórica subiría a los estándares solicitados por la empresa que transporte GNV y el área de operaciones o despacho.

Tenemos:

- La unidad trabaja 20 horas al día
- Recorrido máximo de la unidad por día 740 km diarios
- En cada análisis de tiempos de falla de los 4 sistemas críticos tenemos que la unidad labora 100 horas sin presentar problemas.

- Alcanzando las 400 horas de recorrido tenemos el segundo promedio de fallas de la unidad.

Esto nos indica que la unidad presenta problemas en 2 tiempos distintos por lo que ejecutaremos el cálculo para encontrar el km adecuado para la elaboración del plan de mantenimiento.

Después de estos datos tenemos

$$\textit{Recorrido diario km} = \textit{Ruta 1} + \textit{Ruta 3}$$

$$\textit{Recorrido diario km} = 300 + 440 = 740 \textit{ km diario}$$

Hallando cuantos km deben transcurrir para que se aplique el mantenimiento predictivo. Teniendo como referencia que la unidad recorre 740 km diarios.

$$\textit{Recorrido Dias} = \frac{\textit{Horas antes de la falla}}{\textit{dia disponible}}$$

$$\textit{Recorrido Dias} = \frac{100 \textit{ Horas}}{20 \textit{ Horas}} = 5 \textit{ dias}$$

De esta manera se deberá programar una revisión o mantenimiento cada 5 días, así se evitará que los sistemas críticos perjudiquen la confiabilidad de las unidades logrando minimizar los tiempos de falla en las unidades.

De igual forma debemos de calcular y saber cada que km la unidad deberá pasar una inspección predictiva para validar que los sistemas estén funcionando correctamente:

$$\begin{aligned} \text{Recorrido para PdM} &= \text{Horas antes de la falla} \times \text{recorrido dias} \\ \text{Recorrido para PdM} &= 5 \text{ dias} \times 740 \text{ km} \frac{1}{\text{dia}} = 3700 \text{ km} \end{aligned}$$

Después de analizar los datos tenemos la siguiente definición o acciones a tomar:

4. Se puede tomar las horas como inspección que deberían ser cada 100 Horas.
5. Se puede tomar de referencia los días para la inspección que son cada 5 días.
6. Se puede tomar la referencia el km de la unidad debiendo ser cada 3700 km

Cada una de estas opciones nos mejorará la confiabilidad de las unidades y por ello se deberá controlar y ejecutar el plan de mantenimiento predictivo (PdM) para lograr este objetivo.

Nuestro estudio se basará en el recorrido de la unidad para que se aplique el mantenimiento predictivo, por ello nuestra base de la inspección sería cada 3700km, con este km de referencia se procedió a la elaboración del mantenimiento predictivo para los 4 sistemas críticos como son:

- sistema de frenado posterior.
- Llantas de ruedas posteriores.
- pérdida de potencia.
- Aceite motor – relleno

En la tabla 8 se presenta el cuadro con los sistemas críticos y el km de referencia para la ejecución del mantenimiento predictivo. Esto se aplicará a todas las unidades debido a que cuentan con las mismas características en cuanto a motor, km de recorrido, forma de conducción, y mismo combustible de consumo

siendo este GNV. De acuerdo a las fallas debemos tener en cuenta que el sistema de frenos como potencial crítico para la confiabilidad de las unidades por ello se debe:

- Reemplazar (R) - en caso estos componentes hayan cumplido su ciclo de trabajo o vida útil.
- Inspección (I) – cada 3700 km esta tarea para verificar el sistema completo incidiendo en la parte posterior.
- Ajustar (A) – después de la inspección se toman las decisiones si el sistema requiere solo ejecutar esta tarea
- Lubricar (L) – con la finalidad de evitar desgastes prematuros en los componentes del sistema.

De esta manera como se muestra en la tabla 8, para todas las unidades la misma evaluación incidiendo en los sistemas críticos que se detallaron y que perjudican la confiabilidad de las unidades

Tabla 10: Realizar el plan PdM

Programa de actividades a realizar para el PdM

PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA CAMIONES QUE CONSUMEN Y TRANSPORTAN GNV			
Unidades	Sistema	Tareas a ejecutar	FRECUENCIA 3700 KM
			3700 / 7400 / 11100 / ...
Todas las unidades	Frenos	Revisar sistema de frenos posterior	I
		regulación de frenos delantero y posterior	A
	Neumáticos	Revisión de llantas delanteras y posterior	I
		delantera y posterior – presión / inspección	I
	Potencia del motor	Revisión de pérdida de potencia	I
		filtros de gas de alta y baja presión	R
	Fluidos de motor	Revisión de niveles de aceite de motor	I
		aceite de motor ful sintético – rellenar	L

Después de conocer los nuevos servicios y los nuevos km aplicando el mantenimiento predictivo teórico, y los tiempos que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo, el nuevo plan de mantenimiento para la flota incluyendo el PdM quedaría de la siguiente manera.

TIPOS DE MANTENIMIENTO		PdM	PM	PdM	PM	PdM	PM	PdM	PM
Sistemas	Servicio	3,700	5,000	7,400	10,000	11,100	15,000	18,500	20,000
Sistema de motor y lubricación	Arranque del motor y ruido normal	-	-	-		-	-	-	
	Aceite de motor 5w30	-	R	-	R	-	R	-	R
	Aceite de motor ful sintético – rellenar	L	-	L	-	L	L	L	-
	Revisión de perdida de potencia		-		-				-
	Filtro de aceite de motor	-	R	-	R	-	R	-	R
	Arandela de carter	-	R	-	R	-	R	-	R
	Contaminación del aceite	-	-	-		-	-	-	
Sistema de alimentación de combustible	Filtro de aire	-	-	-		-	-	-	R
	Filtro de gas de alta y baja presión	-	-	-	R	-	-	-	R
	Filtros de gas de alta y baja presión	R	-	R	-	R	R	R	-
	Revisión de niveles de aceite de motor		-		-				-
	Colador de tanque de combustible	-	-	-		-	-	-	
	Filtro elemento PCV del turbocargador	-	R	-	-	-	R	-	-
Sistema de frenos	Revisar sistema de frenos posterior		-		-				-
	regulación de frenos delantero y posterior	A	-	A	-	A	A	A	-
Neumáticos	Revisión de llantas delanteras y posterior		-		-				-
	Revisión de fugas de aire		-		-				-
	delantera y posterior – presión / inspección		-		-				-
Sistema de suspensión	Revisión de suspensión neumática		-		-				-
	bolsas de suspensión cañerías	A	-	A	-	A	A	A	-

Sistema de luminaria	Revisión de luces delanteras		-		-				-
	focos de luz alta y baja direccionales		-		-				-
	Revisión de batería y carga de alternador		-		-				-

Tabla 11: Cronograma del nuevo plan.

Cronograma del nuevo Plan de mantenimiento de la flota incluyendo el PdM

Al obtener los tiempos donde ocurrieron las fallas y basándonos en que las unidades transitan por las mismas rutas y tienen en mismo tipo de trabajo sumando que los conductores tienen la misma modalidad de trabajo, se ha logrado incluir en el actual plan de mantenimiento preventivo el PdM o plan de mantenimiento predictivo, para evitar las fallas en toda la flota de unidades que consumen GNV y que trasladan GNV.

➤ **Determinaremos la confiabilidad teórica considerando el mantenimiento predictivo.**

La finalidad de esta sección es determinar los nuevos indicadores de confiabilidad teniendo en consideración las actividades descritas en la sección anterior que eviten que las unidades no estén en condiciones de operar "fallen". bajo esta consideración es posible asumir un cálculo teórico de la nueva confiabilidad en el que las horas de falla sean consideradas con valor cero. Sin embargo, se deben considerar las horas de mantenimiento preventivo como paradas programadas y que si inciden en el cálculo de la confiabilidad.

Las fallas que representan el 80% serian 4 fundamentalmente falla en los frenos de ruedas posteriores, llantas en mal estado del eje posterior, perdida de potencia y falta de aceite en el motor. por ello se actuará con las programaciones de Mantenimiento Predictivo (PdM) y Mantenimiento preventivo (PM) respectivamente para incrementar la confiabilidad de la flota por lo que al ejecutarse los mantenimientos preventivos según como se ha detallado en el nuevo plan de mantenimiento de las unidades vehiculares la nueva confiabilidad teórica seria la siguiente.

Al aplicar la misma fórmula para hallar la confiabilidad, pero ahora asumiendo que se ejecutó el PdM a las 14 unidades la confiabilidad subiría hasta llegar a un 98%, superando o acercándose a la disponibilidad esperada por la empresa que transporta GNV y que distribuye el mismo combustible.

Tabla 12: Nueva confiabilidad después del PdM

Revisión de la confiabilidad teórica después de las ejecuciones correspondientes en el plan de mantenimiento

Año	Placa unidad	MTTR Inicial	Confiabilidad Inicial	Confiabilidad esperada	MTTR Con PDM	Confiabilidad con PDM
2014	F8A-866	250.77 horas	89.24%	98%	40 horas	98.11%
2014	F7Y-871	399.93 horas	83.87%	98%	40 horas	98.11%
2014	F7Z-865	195.97 horas	91.39%	98%	40 horas	98.11%
2014	F7Y-909	165.05 horas	92.65%	98%	40 horas	98.11%
2014	APG-919	86.07 horas	96.03%	98%	40 horas	98.11%
2016	F8G-934	64.63 horas	96.99%	98%	40 horas	98.11%
2014	F8E-802	305.63 horas	87.20%	98%	40 horas	98.11%
2014	F8D-888	101.23 horas	95.34%	98%	40 horas	98.11%
2014	F8F-736	129.90 horas	94.12%	98%	40 horas	98.11%
2014	F8E-725	69.40 horas	96.77%	98%	40 horas	98.11%
2017	AKW-898	22.72 horas	98.92%	98%	40 horas	98.11%
2016	ADL-868	312.20 horas	86.95%	98%	40 horas	98.11%
2016	ADL-934	278.40 horas	88.20%	98%	40 horas	98.11%
2017	AMV-747	94.47 horas	95.66%	98%	40 horas	98.11%

Teniendo en cuenta que al aplicarse el PdM las horas en MTTR deberían ser establecidas según la tabla anterior, esto debido a que nos enfocaremos más con las fallas que generan el 80% de la pérdida de confiabilidad por ende se está considerando que solo tendremos un máximo de 40 horas para las fallas que se presentan en menor número y que son más rápidas en resolver, con esto se quiere cumplir con lo solicitado por el área de operaciones de la empresa de

transporte de GNV, quien solicita que las unidades sean 98% confiables al momento de salir a ruta.

➤ **Elaborando el presupuesto del plan de mantenimiento predictivo.**

Elaboraremos el presupuesto, teniendo en cuenta que partiremos de un costo inicial de 0 para este procedimiento, debido a que los repuestos y servicio o mano de obra a utilizar aumentara en el presupuesto del mantenimiento, por ello esta acción se hace de suma importancia ya que haremos de conocimiento a la empresa que materiales y tiempo se invirtió en la aplicación del PdM para incremental la confiabilidad de la flota.

Tabla 13: Gasto de insumos para el PdM

Listado de gastos por Mantenimiento Predictivo

INT.DE SERVICIOS FC10		Cant	PVP	PT
Aceite de motor.	QTS	2	S/ 50.25	S/ 100.50
Filtro de aire		1	S/ 244.02	S/ 244.02
Pre Filtro de aire.		1	S/ 90.25	S/ 90.25
Elemento de tanque de combustible	tanque	1	S/ 83.72	S/ 83.72
Filtro de Combustible GNV alta	motor	1	S/ 120.35	S/ 120.35
Filtros de GNV baja presión		1	S/ 204.07	S/ 204.07
Empaque de tapón de Carter.		1	S/ 4.19	S/ 4.19
			Total	S/ 847.10

El PdM tiene un monto fijo con la cantidad de S/. 847.10 que es el costo inicial de cada una de las unidades ahora calculando el costo de todo toda la flota automotriz seria de S/. 11859.40 por cada mantenimiento predictivo, este mantenimiento predictivo será considera como mejora continua para este caso en específico.

Como segundo costo se tuvo la mano de obra, del personal para la ejecución de estos mantenimientos predictivos.

Tabla 14: Costo de Mano de obra para el PdM

Costo de mano de obra

Descripción	Montos
Días jornada	22
Horas efectivas	7.5
Total, horas	165

Técnicos		7	
Horas disponibles		1,155	
Total, costo laboral		4,349	
Incidencia uniformes y Epps (+25%)		5,437	
Costo h-h	\$	4.7	MARGEN M. O
Valor venta	\$	25.0	81%

El monto de la mano de obra con respecto a los mantenimientos que se programaron estas descritos en la Tabla 11.

Ahora se detalló el nuevo presupuesto del plan de mantenimiento predictivo para la flota de unidades que trasladan GNV y consumen GNV. Con la finalidad de incrementar la confiabilidad de toda la flota, de tal forma que se vea reflejado el trabajo ejecutado por el área de mantenimiento.

Tabla 15: Costo total del PdM
Nuevo costo del mantenimiento de las unidades a GNV a partir de cada 3700 km

INT.DE SERVICIOS FC10		Cant	PVP	PT
Aceite de motor.	QTS	2	S/ 50.25	S/ 100.50
Filtro de aire		1	S/ 244.02	S/ 244.02
Pre Filtro de aire.		1	S/ 90.25	S/ 90.25
Elemento de tanque de combustible	tanque	1	S/ 83.72	S/ 83.72
Filtro de Combustible GNV alta	motor	1	S/ 120.35	S/ 120.35
Filtros de GNV baja presión		1	S/ 204.07	S/ 204.07
Empaque de tapón de cárter.		1	S/ 4.19	S/ 4.19
				S/ 847.10
Sub Total				
Total, M/O, Lavado y engrase	Ref.- S/, 45	2.5	S/ 45.00	S/ 112.50
Revisión de neumáticos		0.5	S/ 45.00	S/ 22.50
Regulación de frenos		1.5	S/ 45.00	S/ 67.50
TOTAL, SERVICIO FC10	S/,			S/ 197.58
				S/ 400.08
Gasto total ejecutando el PdM				S/ 1,647.26

Después de la elaboración del nuevo plan de mantenimiento aplicando el PdM a las unidades de transporte por carretera que consumen GNV y a su vez que transportan GNV este monto para las 14 unidades sería de S/. 23061.64 soles. Incrementaran el gasto de las mismas, siendo el gasto por una unidad es de S/. 1647.26 respectivamente. Este gasto sumara a los cálculos de los planes de

mantenimiento hasta que la flota deje el 80% de fallas que impiden incrementar la confiabilidad.

Este gasto del nuevo presupuesto más el plan de mantenimiento preventivo es compensado con la nueva productividad de la flota ya que la confiabilidad de las unidades estaría por encima de los 98% que solicita el área de operaciones de la empresa de transportes GNV Y GNC.

V. DISCUSIÓN

Los frutos de esta indagación demuestran que el diseño de un plan de mantenimiento predictivo para la flota de 14 unidades que consumen y distribuyen GNV, ayudaron a cumplir con las metas de disminuir los tiempos que las unidades ingresan a taller por fallas, incrementado la confiabilidad de las unidades, de la tabla 3 tenemos como resultado, una unidad de placa F8A-866 con la más baja confiabilidad con respecto a las demás unidades, siendo esta unidad la que presenta el 83.87% en tres meses consecutivos de trabajo, las unidades cuentan con las mismas características, con respecto a motor, ruta, forma de conducción, y peso que transportan, motivo por el cual se aceptó la hipótesis de que el diseño de un nuevo plan de mantenimiento predictivo aumentara la confiabilidad y como resultado mayor producción en la empresa que distribuye GNV. Para esto también se verifico que la flota vehicular transite por las mismas rutas que cumplan los mismos tiempos de trabajo, que transporten el mismo peso. Los resultados que se obtuvieron contrastan con la investigación de Yam (2019) en su investigación presentó como objetivo primordial la implementación del plan de mantenimiento predictivo con el objeto de mejorar la producción reduciendo fallas las cuales se encontraban en 90% de confiabilidad. Así mismo Pali (2019) en su investigación hace mención que lo mejor es enfocarse en las fallas que representan mayor criticidad siendo solo el 78% confiable, programando mantenimientos a corto, mediano y largo plazo,

para que de esta manera se cumplan con los mantenimientos predictivos y se le pueda brindar mayor confiabilidad de flota a una determinada área de distribución trayendo consigo el aumento y mejora de la producción. Asimismo,

Para este objetivo se tuvo que determinar las horas de trabajo de las unidades, el tiempo que no trabajaron, esto determinado del primer objetivo, esta información fue registrada en un software de cálculo, con estos datos determinamos los sistemas con mayor criticidad en la flota de 14 unidades, para este fin se buscó información sobre el historial de mantenimiento de las unidades de la empresa de transporte de GNV en un periodo de 3 meses Junio, julio y Agosto, por lo que se utilizó el formato de reporte de defecto de camión para obtener la data y poder determinar cuáles son los sistemas con mayor criticidad e incidencia en la confiabilidad de las unidades y que no permiten el cumplimiento de los tiempos de llegada a su destino de cada una de las unidades, con esta data de los 3 meses se halló una frecuencia acumulada y el porcentaje de cada falla, con ello se logra estructurar el porcentaje 80-20 según Pareto, donde el 80% de las fallas que se obtuvieron fueron 4 sistemas con mayor criticidad los cuales fueron detallados: Perdida de potencia de las unidades, falta de aceite en el motor, Neumáticos posterior con problemas y el sistema de frenado posterior, con el instrumento de los formatos de defecto de camión se logró detallar los sistemas críticos antes mencionados, de la misma forma encontramos en la misma línea de acción a Aremu (2022) en su objetivo de estudio detalla implementar el uso de datos activos para prosperar un aprendizaje automático y analítico para el mantenimiento predictivo lo que brinda un mejor panorama para proceder con los mantenimientos predictivos a las fallas utilizando el método de Pareto e Ishikawa, de la mismas forma Sutherland (2020) tiene como primordial objetivo a través de un análisis de datos utilizando Machine learning de ciertas actividades de las unidades se logró impedir las fallas críticas en un equipo el cual se logra solo con la veracidad de los datos de tal forma se aplicara Pareto para determinar el porcentaje mayor y se actuó sobre las fallas encontradas.

Determinando las fallas que son las causantes de la baja confiabilidad de las unidades se siguió la metodología de Pareto con la finalidad de establecer y determinar cuáles son las fallas más críticas y con ello la elaboración de un plan de actividades de acuerdo a la criticidad de los sistemas, este plan de actividades tiene como finalidad el incremento de la confiabilidad de los sistemas críticos, esto se ha tomado de la data de los meses de Junio, Julio y Agosto, para ello en la tabla 7 se determinó los MTTR de una sola unidad la que tiene menos confiabilidad, con el objetivo de determinar cuánto tiempo transcurrió desde que la unidad salió a circular hasta que fallo, después de ello se procedió al cálculo y conversión de las horas de parada a la cantidad de recorrido hasta el fallo, dado que el estudio está enfocado en el mantenimiento predictivo basado en las distancias que recorren cada unidad, al generar el plan de actividades se deseó conseguir una mayor confiabilidad para tener como resultado el de disminuir las paradas no programadas de las unidades de transporte de GNV, buscando siempre aumentar la eficiencia de todas las unidades disminuyendo la criticidad de cada sistema con los cuales se logró la elaboración del plan predictivo basado en los datos que se obtuvieron de los formatos, y estos formatos se utilizaron para tener la mayor data posible de las fallas encontradas en las distintas unidades, las mismas que serán implantadas en el nuevo plan de mantenimiento con el adecuado recorrido para la revisión de los sistemas críticos ya que este plan de mantenimiento predictivo determinara el aumento de la confiabilidad. Esta investigación se complementa tal como lo detalla en su investigación Rodas (2019) quien en su investigación indica que tiene como objetivo el pronóstico de fallas mecánicas de los equipos más críticos con la finalidad de reducir los correctivos y optimizar los trabajos preventivos, también el estudio de Serkan (2021) tiene similitud quien tiene como objetivo primordial la detección de posibles fallos que se presentan entre mantenimientos preventivos con la finalidad de adherir correcciones en los plazos de mantenimiento aumentando las revisiones entre MP Y MP, actuando con un nuevo plan llamado predicción de falla.

Teniendo los 3 primeros objetivos desarrollados donde se logra encontrar la confiabilidad inicial, luego se plantean los sistemas críticos para actuar sobre los mismos con la finalidad de disminuirlos, plantear las actividades que se ejecutan con un nuevo plan de mantenimiento predictivo y asumiendo que los mismos trabajos fueron impregnados en el plan de mantenimiento preventivo procederemos a determinar la confiabilidad teórica después de la ejecución de trabajos antes determinados, considerando las actividades antes descritas con la finalidad de evitar que las unidades no estén en condiciones de operar “fallen”, bajo esta condición asumimos el cálculo teórico de la nueva confiabilidad en el que las horas de falla sean consideradas con valor 0, considerando las horas programadas en el plan de mantenimiento preventivo, actuando siempre en el 80% de las fallas o fundamentalmente sobre los 4 sistemas críticos, pérdida de potencia del motor, falta de aceite en el motor, neumáticos en mal estado, y frenos de ejes posterior en mal estado o desgastados, se procedió al cálculo teórico de la nueva confiabilidad solicitada por la empresa de transporte de GNV la cual a través del área de operaciones requiere y solicita que sea superior al 98% o se aproxime al mismo valor, por ello después de que ejecutaran los trabajos planificados como mantenimiento predictivo las horas del MTTR disminuirán rotundamente dado que al ejecutar los trabajos sobre los sistemas críticos las unidades estarán menos tiempo en el taller aumentando la confiabilidad y cumpliendo con la productividad de la empresa lo cual siempre se ha buscado con este estudio, estos resultados coincide con en el estudio de Roy y Menem (2017) tienen la misma finalidad dado que concuerdan al decir que los mantenimientos predictivos y proactivos en una elaboración ingeniosa tienden a ser sumamente importantes porque logran garantizar la eficacia, perfección de los insumos, puntualidad en el reparto de productos, fomentando la seguridad en el trabajo, aumentando la confiabilidad de la maquina móvil o de planta.

Después de calcular la nueva confiabilidad de la flota vehicular comprendida de 14 unidades que transportan GNV y consumen GNV procedió a calcular el presupuesto del nuevo plan de mantenimiento predictivo ya que se asignarán nuevas tareas a ejecutar los cuales consumirán repuestos y mano de obra para la ejecución de los trabajos, este cálculo a realizar sería incluir el stock para las unidades, y saber si la mano de obra es suficiente para la ejecución de los trabajos, se determina o calcula el costo para toda la flota de las 14 unidades será de S/. 23061.64 soles. siendo el gasto por una unidad es de S/. 1647.26 respectivamente. Que se tienen que sumar al gasto de mantenimiento preventivo de cada unidad ya que este servicio se ejecutara cada 3700 km respectivamente, este costo será compensado aumentando la productividad y el número de viajes que tienen las unidades, debido a que con una mayor confiabilidad mayor el tiempo que las unidades estarán en ruta transportando GNV y cumpliendo con los objetivos de producción, asimismo nuestro estudio se complementa con Cervantes (2019) nos presenta como objetivo primordial la implementación del plan de mantenimiento predictivo con la finalidad de reducir las fallas críticas que son las que perjudican la confiabilidad y al implementar el PDM mejorar la producción aumentando los niveles de productividad de la empresa.

VI. CONCLUSIONES

- Mediante el diagnóstico de las 14 unidades se determinó que a pesar que todas presentan características técnicas y operativas semejantes, las mismas que también tienen las mismas rutas por donde transitan estas tienen diferentes indicadores de confiabilidad, siendo la de menor valor una unidad con el 83.87%.
- Logramos determinar los sistemas críticos de toda la flota vehicular tras utilizar el método de Pareto, se logra obtener del cálculo de las horas que la unidad no está en ruta, donde se logró obtener las fallas de los sistemas críticos los cuales representan 30% el sistema de frenos posteriores, un 26% causado por los neumáticos posteriores, un 23% lo causa la pérdida de potencia y un 20% causado por la falta de aceite en el motor, estas fallas se encuentran en la Tabla 05 donde se detallan el número total de averías en la flota vehicular. Siendo todas estas fallas detalladas corregibles para la aplicación del mantenimiento predictivo teórico.
- Después de obtener los sistemas críticos de las 14 unidades durante los 3 meses de estudio, se procedió a establecer las actividades de mantenimiento predictivo, según la criticidad de los sistemas nos enfocamos en recuperar los tiempos que las unidades están en taller para volverlas productivas, con estos datos detallados las unidades ingresan a taller así se logró encontrar que fallaban o ingresaban a taller cada 100 horas del primer recorrido y luego después de 400 horas de no fallar volvían a fallar nuevamente cada 100 horas, para este detalle se procede a transformar las horas de falla en distancia de recorrido (km) logrando el cálculo para que se revise la unidad cada 3700 km.
- Se procede a determinar la confiabilidad teórica de acuerdo al plan de mantenimiento propuesto para ello se procedió a ejecutar el cálculo según el

autor de esta investigación basándonos en que se ejecutaron los mantenimientos predictivos programados cada 3700 km de todas las unidades con ello se lograría alcanzar el 98% de confiabilidad o en su defecto acercarse al objetivo solicitado por el área de operaciones.

- Determinando el nuevo plan de mantenimiento predictivo y las tareas que se requieren para lograr el objetivo, se procedió a ejecutar los cálculos de los costos que significarían obtener el 98% de la disponibilidad de la flota, de esta manera se establece que el costo unitario del PdM es de S/. 1647.26 soles y de toda la flota estaría comprendido en S/. 23061.64 soles, comparados con la producción de cada unidad el costo es negociable.

VII. RECOMENDACIONES.

Como recomendación principal se requiere que el personal para la ejecución de los nuevos planes de mantenimiento predictivo esté capacitado para la visualización de las tareas y la ejecución en si ya que de esto dependerá que las unidades recuperen el 98% de confiabilidad.

.

Como recomendación seria implementar tecnología aplicable para el plan de mantenimiento predictivo, como adquirir un software para un mejor resguardo de la data de las fallas de las distintas unidades, teniendo siempre como finalidad el análisis de datos para mejorar los procesos y mantenimientos.

Se recomienda mejorar el espacio a utilizar en la aplicación de los mantenimientos predictivos, para que de pueda diferenciar los trabajos de los mantenimientos preventivos rutinarios con la implementación del nuevo mantenimiento predictivo.

Se recomienda disponer de una persona responsable de la supervisión de los trabajos de mantenimiento, con la finalidad de hacer cumplir en su totalidad la ejecución de todas las tareas de mantenimiento detalladas en el plan de mantenimiento.

REFERENCIAS

- Catucuago Cuatucuago, H. P. (2022). *Implementación de un software de gestión de mantenimiento automotriz para el control preventivo y correctivo de la flota vehicular del GADIP Municipio de Cayambe* (Bachelor's thesis)
- Muñoz Arévalo, J. S. (2022). *Desarrollo de una metodología de mantenimiento predictivo en el tren motriz de un tractor agrícola*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12079>.
- Cacuango Caranqui, J. A., & Ulcuango, J. S. (2022). *Diseño de un sistema de mantenimiento predictivo automotriz basada en la industria 4.0*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11877>.
- Zambrano-Castro, J. W., & Pérez-Guerrero, J. N. (2021). *Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí*. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249., 4(8 Ed. esp.), 96-116.
- Rivera, D. (2014). *Sistema de mantenimiento predictivo para la flota de equipos pesados de la municipalidad provincial Daniel Alcides Carrión – Yanahuanca* [Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3214>
- Portocarrero, R., Rabanal, Y. (2019). *Mantenimiento predictivo basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de los remolcadores con motor Cummins ISX en una empresa de transporte de carga* [, Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5765>.
- Vélez Sánchez, H., Hurtado Cortés, LL (2022). *Recolección de Datos: Uso y*

Transformación en Modelos de Mantenimiento Predictivo. En: Auer, ME, Bhimavaram, KR, Yue, XG. (eds) Ingeniería y Sociedad en Línea 4.0. REV 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 298. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_50

A. Mubarak, M. Asmelash, A. Azhari, T. Alemu, F. Mulubrhan y K. Saptaji, "*Digital Twin Enabled Industry 4.0 Predictive Maintenance Under Reliability-Centred Strategy*", 2022 Primera Conferencia Internacional sobre Electricidad, Electrónica, Información y Tecnologías de la Comunicación (ICEEICT), 2022, pp. 01-06, doi: 10.1109/ICEEICT53079.2022.9768590.

Deepak Kumar Sharma, Shikha Brahmachari, Kartik Singhal, Deepak Gupta, *Data driven predictive maintenance applications for industrial systems with temporal convolutional networks, Computers & Industrial Engineering,*

Changchun Liu, Haihua Zhu, Dubbing Tang, Qingwei Nie, Tong Zhou, Liping Wang, Yejia Song, *Probing an intelligent predictive maintenance approach with deep learning and augmented reality for machine tools in IoT-enabled manufacturing, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.*

Ren, Y. (28 de mayo de 2021). "*Optimización del mantenimiento predictivo con aprendizaje automático para mejorar la confiabilidad*". COMO YO. ASME J. Riesgo Incertidumbre Parte B. septiembre de 2021; 7(3): 030801. <https://doi.org/10.1115/1.4049525>

K.T. Huynh, *an adaptive predictive maintenance model for repairable deteriorating systems using inverse Gaussian degradation process, Reliability Engineering & System*

Safety, Biao Lu, Zhen Chen, Xufeng Zhao, *Data-driven dynamic predictive maintenance for a manufacturing system with quality deterioration and online sensors, Reliability Engineering & System Safety.*

- C. Gu, Y. He, X. Han y M. Xie, "Mantenimiento predictivo integral orientado a los costos basado en la confiabilidad de la misión para un sistema de fabricación", *Simposio anual de confiabilidad y mantenibilidad (RAMS) de 2017*, 2017, pp. 1-7, doi: 10.1109/RAM.2017.7889713.
- Li, Z. "Mantenimiento predictivo inteligente para el diagnóstico y pronóstico de fallas en centros de máquinas: Escenario de Industria 4.0". *Avances en la fabricación*. 5.4 (2017): 377–387. Web.
- Ouah, A., Zemmouchi-Ghomari, L. y Salhi, N. *Selección de un algoritmo de aprendizaje automático supervisado adecuado para el mantenimiento predictivo*. *Int J Adv Manuf Technol* 119, 4277–4301 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08551-9>
- Wu, Y., Yang, Z., Wang, J. et al. *Optimización de la estrategia de mantenimiento preventivo oportunista para el sistema de varias unidades del torno CNC*. *J Mech Sci Technol* 36, 145–155 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12206-021-1213-9>
- Xiong, M., Wang, H., Fu, Q. et al. *Mantenimiento predictivo inteligente de dos motores aeronáuticos impulsados por gemelos digitales*. *Int J Adv Manuf Technol* 114, 3751–3761 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00170-021-06976-w>
- Pramod K. Behera, Bhabani S. Sahoo, *Leverage of Multiple Predictive Maintenance Technologies in Root Cause Failure Analysis of Critical Machineries*, *Procedia Engineering*, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.05.143>.
- CÁRCEL CARRASCO, F.J., 2016. *Disponibilidad, incertidumbre y cadena de fallo en mantenimiento*. *3C Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, vol. 5, no. 2, pp. 65-80. ISSN 2254-4143. DOI 10.17993/3ctecno. 2016.v5n2e18.65-80. CARO, N.P., CASINI, R.B., DÍAZ, M., FERNANDO, G., GONZALEZ, M., SAINO, M. y STÍMOLO, M.I., 2015. *Estadística I* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://cutt.ly/E1ZIVcY>

Yam Cervantes, M., Pali Casanova, R., & Zavala Loría, J. (2019). *Aplicabilidad de la criticidad en el mantenimiento de equipos. Project Design and Management*, 1(1). Recuperado a partir de <https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management/article/view/168>

RENGEL JIMÉNEZ, W.E. y GILER GILER, M.A., 2018. *Publicar investigación científica metodología y desarrollo [en línea]. Primera. Manta-Manabí-Ecuador: s.n. ISBN 978-9942-775-16-0. Disponible en: <https://biblio.ulead.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4431>.*

ALAVIAN, P., EUN, Y., LIU, K., MEERKOV, S.M. y ZHANG, L., 2019. *The (α, β) precise estimates of MTBF and MTTR: Definitions, calculations, and induced effect on machine efficiency evaluation. IFAC-Papers Online [en línea]*, vol. 52, no. 13, pp. 1004-1009. ISSN 24058963. DOI 10.1016/j.ifacol.2019.11.326. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.326>.

AYVAZ, S. y ALPAY, K., 2021. *Predictive maintenance system for production lines in manufacturing: A machine learning approach using IoT data in real-time. Expert Systems with Applications [en línea]*, vol. 173, no. November 2020, pp. 114598. ISSN 09574174. DOI 10.1016/j.eswa.2021.114598. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114598>

FONSECA JUNIOR, M., HOLANDA BEZERRA, U., CABRAL LEITE, J. y REYES CARVAJAL, T.L., 2019. *Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. Energies*, vol. 12, no. 19, pp. 139-149. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en12193801

JIMENEZ, V.J., BOUHMALA, N. y GAUSDAL, A.H., 2020. *Developing a predictive maintenance model for vessel machinery. Journal of Ocean Engineering and Science*, vol. 5, no. 4, pp. 358-386. ISSN 24680133. DOI 10.1016/j.joes.2020.03.003.

- KOLTE, T.S. y DABADE, U.A., 2017. *Machine Operational Availability Improvement by Implementing Effective Preventive Maintenance Strategies-A Review and Case Study*. *International Journal of Engineering Research and Technology* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 700-708. Disponible en: http://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_131.pdf.
- KUMAR, G., JAIN, V. y GANDHI, O.P., 2018. *Availability analysis of mechanical systems with condition-based maintenance using semi-Markov and evaluation of optimal condition monitoring interval*. *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 14, no. 1, pp. 119-131. ISSN 2251712X. DOI 10.1007/s40092-017-0212-z.
- LEE, W.J., WU, H., YUN, H., KIM, H., JUN, M.B.G. y SUTHERLAND, J.W., 2019. *Predictive maintenance of machine tool systems using artificial intelligence techniques applied to machine condition data*. *Procedia CIRP* [en línea], vol. 80, pp. 506-511. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2018.12.019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.019>
- OKOH, C., ROY, R. y MEHNEN, J., 2017. *Predictive Maintenance Modelling for Through-Life Engineering Services*. *Procedia CIRP* [en línea], vol. 59, no. TESConf 2016, pp. 196-201. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2016.09.033. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.033>
- PAPROCKA, I., KEMPA, W.M. y ÓWIKŁA, G., 2020. *Predictive maintenance scheduling with failure rate described by truncated normal distribution*. *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 23, pp. 1-23. ISSN 14248220. DOI 10.3390/s20236787
- RODAS, L.F. y CASTRILLÓN, O.D., 2019. *Predicción de Fallos Mecánicos en Equipos de Envoltura*. *Información tecnológica*, vol. 30, no. 6, pp. 111-122. DOI 10.4067/s0718-07642019000600111

- SCHEU, M.N., TREMP, L., SMOLKA, U., KOLIOS, A. y BRENNAN, F., 2019. A *systematic Failure Mode Effects and Criticality Analysis for offshore wind turbine systems towards integrated condition-based maintenance strategies*. *Ocean Engineering* [en línea], vol. 176, no. February, pp. 118-133. ISSN 00298018. DOI 10.1016/j.oceaneng.2019.02.048.
- SCHMIDT, B. y WANG, L., 2018. *Predictive Maintenance of Machine Tool Linear Axes: A Case from Manufacturing Industry*. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 17, pp. 118-125. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2018.10.022
- SITKO, J. y FARHAD, Z., 2020. *Analysis of mechanical equipment failure at the hard coal mine processing plant*. *Acta Montanistica Slovaca*, vol. 25, no. 3, pp. 350-360. ISSN 13393103. DOI 10.46544/AMS.v25i3.8
- TON, B., BASTEN, R., BOLTE, J., BRAAKSMA, J., DI BUCCHIANICO, A., VAN DE CALSEYDE, P., GROOTEMAN, F., HESKES, T., JANSEN, N., TEEUW, W., TINGA, T. y STOELINGA, M., 2020. Primavera: *Synergising predictive maintenance*. *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 23, pp. 1-19. ISSN 20763417. DOI 10.3390/app10238348.
- WU, H., HUANG, A. y SUTHERLAND, J.W., 2020. *Avoiding Environmental Consequences of Equipment Failure via an LSTM-Based Model for Predictive Maintenance*. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 43, no. 2019, pp. 666-673. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2020.02.131.
- YAM CERVANTES, M.A., PALI CASANOVA, R. de J. y ZAVALA LORÍA, J. del C., 2019. *APLICABILIDAD DE LA CRITICIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS*. *PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT*, pp. 1-47. DOI 10.35992/mlspdm.v1i1.168
- ZAKIKHANI, K., NASIRI, F. y ZAYED, T., 2021. *A failure prediction model for corrosion in gas transmission pipelines*. *Proceedings of the Institution of Mechanical*

Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability, vol. 235, no. 3, pp. 374-390.
ISSN 17480078. DOI 10.1177/1748006X20976802.

GALLARDO SAAVEDRA, S., PÉREZ MORENO, J., HERNÁNDEZ CALLEJO, L. y DUQUE PÉREZ, Ó., 2017. *Failure rate determination and Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA) based on historical data for photovoltaic plants. ISES Solar World Congress 2017 - IEA SHC International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry 2017, Proceedings*, pp. 1232-1239. DOI 10.18086/swc.2017.20.04

HERNÁNDEZ, A.C., 2018. *Mantenimiento Industrial En Máquinas por medio de AMFE*. *Google Academico* [en línea], pp. 209-225. DOI <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.12>. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>.

ANEXOS

Anexo 1: matriz de operacionalización de variables.

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
independiente	plan de mantenimiento predictivo	Esta propuesta está basada en la toma de datos para disminuir las paradas de máquinas o unidades vehiculares, adelantándose a la falla y prediciendo que insumos o repuestos se requieren para determinada utilización, lo predictivo va de la mano con la toma de datos. (Cacuango, 2021)	El mantenimiento predictivo es una técnica la cual utiliza análisis de datos para la detección de anomalías operativas y defectos potenciales en equipos y procesos que pueden corregirse antes de que aparezca la falla	Disponibilidad	$D = \frac{(horas\ totales\ de\ funcionamiento) - (horas\ paradas)}{horas\ totales\ de\ funcionamiento}$	Razón
				Tiempo promedio entre fallas	$= \frac{tiempo\ de\ funcionamiento}{Numero\ de\ averias}$	
dependiente	incremento de confiabilidad	la fiabilidad o confiabilidad es una parte importante en el mundo automotriz dado que no es lo mismo tener una flota disponible que confiable, por ello definiremos confiabilidad como la probabilidad que los sistemas produzcan los mejores resultados esperados. (Marcel, 2021)	La confiabilidad la llegamos a determinar, que cuanto mayor sea la confiabilidad, mayor será la disponibilidad.	Confiabilidad de una prueba	$Fiabilidad = \frac{horas\ disponibles}{numero\ de\ fallas}$	Razón

Anexo 2: maestro de unidades para la ejecución de mantenimiento predictivo.

REMOLCADORES Y UNIDADES MOTRICES

IT	PLACA	CODIGO	COLOR	MARCA	MODELO	AÑO	TIPO VEHICULO
1	F7Y-871	1101	BLANCO	SACHMAN		2014	REMOLCADOR
2	F8A-866	1102	BLANCO	SACHMAN		2014	REMOLCADOR
3	F7Z-865	1103	BLANCO	SACHMAN		2014	REMOLCADOR
4	F7Y-909	1104	BLANCO	SACHMAN		2014	REMOLCADOR
5	APG-919	1105	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
6	ABP-920	1106	BLANCO	FREIGHTLINER	M2-112	2014	REMOLCADOR
7	F8G-934	1107	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
8	F8E-802	1108	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
9	F8D-888	1109	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
10	F8F-736	1110	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
11	F8E-725	1111	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
12	AKW-898	1112	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
13	ADL-868	1113	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
14	ADL-934	1114	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR
15	AMV-747	1115	BLANCO	FAW		2014	REMOLCADOR

Anexo 3: matriz en Excel del inicio de la toma de datos para el análisis de la criticidad.

N° Ingresos	fecha	F. Entrada / hora	mes	N° orden LY	Placa	Técnico a cargo	KM	Marca	CONDUCTOR	N° REPORT	REPORTE DEFECTO DE CAMION
1	01-Jun	01062022 00:01	Junio	1404	F8E-802	EQUIPO NOCHE	354930	FAW	MORALES	TALLER	FALTA COMPLETAR ACEITE DE MOTOR
2	01-Jun	01062022 10:00	Junio	1405	ADL-868	EQUIPO NOCHE	310775	FAW	ITALO LAFRAIN	TALLER	PERNOS DE BARRA ROTOS
3	01-Jun	01062022 08:00	Junio	1406	ABX-998	EQUIPO NOCHE		CISTERNA		TALLER	TALLER
4	01-Jun	01062022 10:30	Junio	1407	ABX-999	EQUIPO DIA		CISTERNA		TALLER	TALLER
5	01-Jun	01062022 10:30	Junio	1408	ABL-929	EQUIPO DIA		FREIGHTLINER		TALLER	TALLER
6	02-Jun	03062022 00:10	Junio	1409	F8E-802	JUAN SAENZ	355607	FAW	SALDARRIAGA	TALLER	FUGA DE AIRE POR MANGUERA
7	02-Jun	03062022 00:10	Junio	1410	ADL-934	JUAN SAENZ	457755	FAW	MIGUEL SALAZAR	TALLER	LLANTA CORTADA EN EL COSTADO
8	02-Jun	02062022 07:00	Junio	1411	F7Y-909	EQUIPO DIA	480943	SHACMAN	RAYMUNDO ALVARADO	TALLER	EVISAR LUCES / RELLENAR ACEITE DE MOTOR / REGULAR CAMBIO
9	02-Jun	02062022 23:24	Junio	1412	F7Y-909	ROBERTO JUAREZ	481087	SHACMAN	ROSARIO	TALLER	UNIDAD NO AFRANCA EN RUTA
10	02-Jun	02062022 20:00	Junio	1413	F8E-802	EQUIPO DIA	356029	FAW	WILMER LAZO	TALLER	UNIDAD PECALIENTA
11	03-Jun	03062022 15:30	Junio	1414	AMV-747	EQUIPO DIA	151073	FAW	JORGE JULCA	TALLER	MANTENIMIENTO GENERAL
12	03-Jun	03062022 23:00	Junio	1415	ADL-868	JUAN SAENZ	310723	FAW	RAYMUNDO ALVARADO	TALLER	FALTA COMPLETAR ACEITE DE MOTOR
13	04-Jun	04062022 08:21	Junio	1416	F7Z-865	EQUIPO DIA		SHACMAN	CULLUPE	TALLER	UNIDAD DE APAA EN RUTA
14	05-Jun	05062022 08:21	Junio	1417	ADL-868	JOSE RIVERA	312234	FAW	RUFFNER	AJMLID	UNIDAD DE APAGA EN RUTA
15	05-Jun	05062022 03:30	Junio	1418	AMV-747	BORIS RAMOS	151069	FAW	JORGE JULCA	027993	FUGA DE AIRE POR MPLES DE BOLSA DE AIRE / NECESITA ENGRASE GENERAL /
16	05-Jun	05062022 11:00	Junio	1419	F8A-866	BORIS RAMOS	457852	SHACMAN	SALDARRIAGA	AJMLID	PERNO DE AMORTIGUADOR FLOJO
17	05-Jun	05062022 17:00	Junio	1420	F7Y-909	BORIS RAMOS	482371	SHACMAN	RAYMUNDO ALVARADO	TALLER	TIMON DURO / FALTA HIDROLINA / PURGAR FILTROS DE GAS
18	05-Jun	05062022 14:02	Junio	1421	AJK-740	BORIS RAMOS	133698	INTERNATIONAL	MOISES BALCAZAR	041605	NO QUEMADO CAJOS DE DESPACHO / NO FUNCIONA EL CLAXON / EL
19	05-Jun	05062022 17:00	Junio	1422	F8D-888	BORIS RAMOS	423283	FAW	FOLDO	AJMLID	UNIDAD PERDIO POTENCIA EN SUBIDA NAUPE
20	05-Jun	05062022 23:00	Junio	1423	F8F-736	BORIS RAMOS	497952	FAW	MORALES	TALLER	FOCOS QUEMADOS
21	06-Jun	06062022 03:00	Junio	1424	F7Z-865	EQUIPO NOCHE	455734	SHACMAN	CULLUPE	AJMLID	NO INGRESAN LOS CAMBIOS / PALANCA NO FUNCIONA
22	06-Jun	06062022 10:36	Junio	1425	ADL-934	EQUIPO DIA	336422	FAW	MIGUEL SALAZAR	027839	NO / REGULAR FRENSOS / ENGRASAR CRUCETAS / AJUSTAR NEBLIN
23	06-Jun	06062022 13:30	Junio	1426	F8G-934	EQUIPO DIA	459516	FAW	HENRY MERINO	043201	NO / JALA A LA DERECHA VIBRA / CAMBIAR DE POSICION LOS NE
24	06-Jun	06062022 14:50	Junio	1427	F8F-736	EQUIPO DIA	498336	FAW	MORALES	TALLER	NO / CADA EN EL COSTADO / BOSA DE AIRE ANULADA / CAMBIO DE LLAN
25	06-Jun	06062022 16:20	Junio	1428	F7Z-865	EQUIPO DIA	455980	SHACMAN	CULLUPE	043755	NO / NO TENIA CONTROL SE ROMPIO PERNO / ARREGLAR LUCES SE
26	06-Jun	06062022 18:00	Junio	1429	F8A-866	BORIS RAMOS	312651	SHACMAN	NP	TALLER	LLANTA CON IMPACTO EN EL HOMBRID
27	06-Jun	06062022 18:00	Junio	1430	F7Y-871	FRANK DORDOVA	358441	SHACMAN	ZETA	TALLER	NO INGRESAN LOS CAMBIOS
28	06-Jun	06062022 23:30	Junio	1431	F8D-888	EQUIPO NOCHE		FAW	JUAN GARCIA	043109	NO / NO ENTRAN LOS CAMBIOS / SUBE LA TEMPERATURA / VIBRA
29	07-Jun	07062022 07:51	Junio	1432	AKW-898	EQUIPO NOCHE	221025	FAW	FOLDO	AJMLID	UNIDAD NO AFRANCA EN RUTA
30	07-Jun	07062022 09:00	Junio	1433	F8E-725	BORIS RAMOS	465193	FAW	MANCHAY	TALLER	FOCOS QUEMADOS
31	07-Jun	07062022 17:00	Junio	1434	F4H-896	EQUIPO DIA	227834	VOLSKWAGEN		TALLER	REVISION DE BOMBA DE GLP
32	08-Jun	08062022 06:30	Junio	1435	F8A-866	EQUIPO DIA	313323	SHACMAN	YOBO	TALLER	SUSPENSION GOLPEA / CAMBIO DE PORTALLANTA
33	08-Jun	08062022 10:54	Junio	1436	AJK-740	EQUIPO DIA		INTERNATIONAL	MOISES BALCAZAR	041606	FOCO LUZ DE DESPACHO / NO FUNCIONA LLAVE DE CORTADO FREN
34	08-Jun	08062022 11:24	Junio	1437	APG-919	FRANK DORDOVA	64468	FAW	MARTIN CHERRES	000010	NO / 2 LLANTAS DELANTERAS / 1 FOCO QUEMADO DELANTERP / 1 NEB
35	09-Jun	09062022 06:40	Junio	1438	ADL-934	BORIS RAMOS	337993	FAW	MIGUEL SALAZAR	TALLER	LLANTA CORTADA / REVISION DE FOCOS / PERDIDA DE POTENCIA
36	09-Jun	09062022 10:00	Junio	1439	F7Y-871	EQUIPO DIA	359347	SHACMAN	CARLOS ZETA	043143	NO / POTENCIA / AIRE NO CARGA / NO HAY LUZ DE FRENO / FALTA ES
37	09-Jun	09062022 15:00	Junio	1440	F7Z-865	BORIS RAMOS	457042	SHACMAN	JOSE GALARDO	043760	NO / VIBROS RASPA / GLPE EN LA CABINA / AMORTIGUADOR DAÑADO / GC
38	09-Jun	09062022 00:15	Junio	1441	APG-919	EQUIPO NOCHE	64468	FAW	VELAZQUEZ	AJMLID	LLANTA VOLADA EN RUTA
39	09-Jun	09062022 06:20	Junio	1442	F8A-866	EQUIPO DIA	458382	SHACMAN	YOBO	TALLER	ASIENTO GOLPEA DEMASIADO
40	09-Jun	09062022 16:00	Junio	1443	AKW-898	EQUIPO DIA		FAW	SEMNARIO	TALLER	NO MARCAN LOS INSTRUMENTOS DE TABLERO
41	09-Jun	09062022 08:00	Junio	1444	F7Y-871	EQUIPO DIA	359347	SHACMAN	ZETA	TALLER	MANTENIMIENTO PREVENTIVO / REVISION UNIDAD
42	10-Jun	10062022 05:30	Junio	1445	ABP-930	ROBERTO JUAREZ	359761	FREIGHTLINER		TALLER	RELLENAR ACEITE DE MOTOR

Anexo 4: continuación de la toma de datos para la visualización y evaluación de los mantenimientos.

N° Ingreso	Fecha	F. Entrada / hora	mes	N° orden LY	Placa	Repuestos/materiales utilizados	ESTADO	avanza	unidad	Horas Aprox de salida	mpo real mantenim	Estado	PROMEDIO MES
1	01-Jun	07062022 00:01	Junio	1404	FBE-802	ACEITE DE MOTOR 2 GALONES/ 3 PLUMILLAS / ADOBLE H 10	OPERATIVA	100%	5	0.1	0.1	CERRADO	83.3%
2	01-Jun	07062022 10:00	Junio	1405	ADL-889	GRAS 1KILO/ PERNO 916/ FOCO DE 2 CONTACTOS /11 GALON DE	OPERATIVA	100%	5	6.5	6.5	CERRADO	81.5%
3	01-Jun	07062022 08:00	Junio	1406	ABX-988	5 KG DE GRASA	OPERATIVA	100%	5	8.9	8.5	CERRADO	5.9%
4	01-Jun	07062022 10:30	Junio	1407	ABX-989	5 KG DE GRASA	OPERATIVA	100%	5	4.0	4.0	CERRADO	82.2%
5	01-Jun	07062022 10:30	Junio	1408	ABL-929	5 KG DE GRASA	OPERATIVA	100%	5	6.0	6.0	CERRADO	81.7%
6	02-Jun	02062022 00:10	Junio	1409	FBE-802	ADOBLE RAPIDO N° 6	OPERATIVA	100%	5	0.3	0.3	CERRADO	83.2%
7	02-Jun	02062022 00:10	Junio	1410	ADL-934	LLANTA DE UNIDAD	OPERATIVA	100%	5	1.6	1.6	CERRADO	82.9%
8	02-Jun	02062022 07:00	Junio	1411	F7Y-909	VARILLA REGULADORA/1 GALON DE ACEITE /CAMBO DE DNTURO	OPERATIVA	100%	5	4.9	4.9	CERRADO	82.0%
9	02-Jun	02062022 23:24	Junio	1412	F7Y-909		OPERATIVA	100%	5	3.6	3.6	CERRADO	82.3%
10	02-Jun	02062022 20:00	Junio	1413	FBE-802	RADIADOR REPARADO REFRIGERANTE	OPERATIVA	100%	5	17.2	17.2	CERRADO	78.6%
11	03-Jun	03062022 15:30	Junio	1414	AMV-747	FILDO DE ALTA/BAJA/ACEITE 7G/2 FILTROS DE ACEITE/2K GRASA/ AMORTIGUADORES/	OPERATIVA	100%	5	14	14	CERRADO	82.9%
12	03-Jun	03062022 23:00	Junio	1415	ADL-889	1 GALON FR ACEITE ARA MOTOR	OPERATIVA	100%	5	0.7	0.7	CERRADO	83.1%
13	04-Jun	04062022 08:21	Junio	1416	F7Z-985	FUSIBLE DE 10 AMP	OPERATIVA	100%	5	1.2	1.2	CERRADO	83.0%
14	05-Jun	05062022 08:21	Junio	1417	ADL-889	DETURADOR Y FILTO ALTA	OPERATIVA	100%	5	4.6	10.6	CERRADO	82.0%
15	05-Jun	05062022 03:30	Junio	1418	AMV-747	BOLSA DE SUSPENSION	OPERATIVA	100%	5	7.0	14.5	CERRADO	81.4%
16	05-Jun	05062022 11:00	Junio	1419	FBA-866	TOPES DE AMORTIGUADOR	OPERATIVA	100%	5	0.5	0.5	CERRADO	83.2%
17	05-Jun	05062022 17:00	Junio	1420	F7Y-909	3A DE HIDROLINA/ FUSIBLE 10 AMP	OPERATIVA	100%	5	0.7	0.7	CERRADO	83.1%
18	05-Jun	05062022 14:02	Junio	1421	AJK-740	4 ZAPTAS COMPLETAS	OPERATIVA	100%	5	3.0	2.8	CERRADO	82.5%
19	05-Jun	05062022 17:00	Junio	1422	FBD-888	ARTICULACION DE PALANCA DE CAMBIOS	OPERATIVA	100%	5	10.0	10.0	CERRADO	80.6%
20	05-Jun	05062022 23:00	Junio	1423	F8F-736	FOCO DE 2 CONTACTOS	OPERATIVA	100%	5	0.6	0.6	CERRADO	83.2%
21	06-Jun	06062022 03:00	Junio	1424	F7Z-985	PALANCA DE CAMBIOS	OPERATIVA	100%	5	3.7	3.7	CERRADO	82.3%
22	06-Jun	06062022 10:36	Junio	1425	ADL-934	CHAPA DE PUERTA/ CREMALLERA DE LUNA/ GRASA 5 KG	OPERATIVA	100%	5	4.0	4.0	CERRADO	82.2%
23	06-Jun	06062022 13:30	Junio	1426	F8G-934	SEGURO DE ENTURON/ HEMBRA/ PERNO/	OPERATIVA	100%	5	1.1	1.1	CERRADO	83.0%
24	06-Jun	06062022 14:50	Junio	1427	F8F-736	BOLSA DE SUSPENSION	OPERATIVA	100%	5	0.7	0.5	CERRADO	83.1%
25	06-Jun	06062022 16:20	Junio	1428	F7Z-985	FILDO DE ALTA/BAJA/ACEITE 7G/2 FILTROS DE ACEITE/2K GRASA/ ACEITE DE COPONA/ REFRIGERANTE /HIDROLINA	OPERATIVA	100%	5	7.5	4.2	CERRADO	81.3%
26	06-Jun	06062022 18:00	Junio	1429	FBA-866	LLANTA DE RETEN	OPERATIVA	100%	5	2.0	6.5	CERRADO	82.8%
27	06-Jun	06062022 18:00	Junio	1430	F7Y-971		OPERATIVA	100%	5	2.0	14.5	CERRADO	82.8%
28	06-Jun	06062022 23:30	Junio	1431	FBD-888		OPERATIVA	100%	5	10.5	9.5	CERRADO	80.4%
29	07-Jun	07062022 07:51	Junio	1432	AKW-898	2 BATERIAS	OPERATIVA	100%	5	1.7	1.2	CERRADO	82.9%
30	07-Jun	07062022 09:00	Junio	1433	FBE-725	FOCO/ HW/ 2 LITROS DE REFRIGERANTE	OPERATIVA	100%	5	1.3	1.3	CERRADO	83.0%
31	07-Jun	07062022 17:00	Junio	1434	F4H-896	GUANTES/ LENTES	OPERATIVA	100%	5	3.0	2.2	CERRADO	82.5%
32	08-Jun	08062022 06:30	Junio	1435	FBA-866	PORTALLANTAS/ TABLERO DE LUCES POSTERIORES	OPERATIVA	100%	5	8.5	10.0	CERRADO	81.0%
33	08-Jun	08062022 10:54	Junio	1436	AJK-740	LLAVE CORTADODIENTE / 2 LLANTAS 12R225/1 DINTILLOS	OPERATIVA	100%	5	1.6	1.3	CERRADO	82.9%
34	08-Jun	08062022 11:24	Junio	1437	APG-919	2 GALONES DE HIDROLINA/ 1 FOCO/ 1 NEBLERO	OPERATIVA	100%	5	1.6	1.3	CERRADO	82.9%
35	09-Jun	09062022 06:40	Junio	1438	ADL-934	BASE DE FARO POSTERIOR/ FOCOS LED 5/ GRASA 4 KG/	OPERATIVA	100%	5	5.3	10.3	CERRADO	81.9%
36	09-Jun	09062022 10:00	Junio	1439	F7Y-971	VARILLA REGULADORA/ 1 GALON DE ACEITE / CAMBO DE DNTURO	OPERATIVA	100%	5	9.0	6.0	CERRADO	80.8%
37	09-Jun	09062022 15:00	Junio	1440	F7Z-985	2 AMORTIGUADORES/	OPERATIVA	100%	5	1.0	0.9	CERRADO	83.1%
38	09-Jun	09062022 00:15	Junio	1441	APG-919	1 LLANTA COD 1966/267	OPERATIVA	100%	5	2.9	2.9	CERRADO	82.5%
39	09-Jun	09062022 06:20	Junio	1442	FBA-866	BOLSA DE ASIENTO / AMORTIGUADOR	OPERATIVA	100%	5	8.7	8.7	CERRADO	80.9%
40	09-Jun	09062022 16:00	Junio	1443	AKW-898	MARADOR DE RPM/ ACEITE / TEMPERATURA	OPERATIVA	100%	5	6.5	6.5	CERRADO	81.5%

Anexo 5: Software de base de datos para el mantenimiento predictivo.

REPORTE DE DEFECTOS EN EL CAMIÓN

N° 0001

El sr. _____ conductor de la unidad. _____ Con licencia de conducir N°. _____ a la hora. _____ de la fecha. _____ Celular. _____

Reporte de los siguientes defectos

MOTOR

CAJA

CORONA Y SUSPENSIÓN

FRENOS

REFRIGERACIÓN

DIRECCIÓN

LUBRICACIÓN (ENGRASE)

SISTEMAS CRITICOS

ELECTRICIDAD Y LUMINARIA

NEUMATICOS

OTROS

OBSERVACIONES

CONDUCTOR

V°B

MECANICO

Anexo 6: Formato defecto de camión para la toma de datos



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 predictivo de las unidades vehiculares de una empresa para incrementar su confiabilidad.", cuyo autor es FLORES ELIAS RAFAEL MANRRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, 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
FREDY DAVILA HURTADO DNI: 16670066 ORCID: 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 19-12- 2022 18:15:51

Código documento Trilce: TRI - 0495402