

Diagnóstico del sistema de mantenimiento de la sucursal Empresa de Telecomunicaciones Camagüey

*Diagnosis of the maintenance system of the Camagüey Telecommunications
Company branch*

Lilian Chaviano Tovar, Dayner Manzo Pinto, Neeldes Matos Ramírez

Palabras clave: sistema de mantenimiento, herramientas de calidad, indicadores de mantenimiento

Key words: Maintenance system, quality tools, maintenance indicators

RESUMEN

El diagnóstico del sistema de mantenimiento de la sucursal Camagüey de la "Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA", se realizó por la necesidad de mejorar la disponibilidad de los equipos especiales empleados en la reparación de la red de telecomunicaciones en el territorio, el objetivo del mismo es detectar los principales problemas que afectan este indicador a través de la realización de un diagnóstico aplicando herramientas de calidad específicamente el diagrama Causa-Efecto y el principio de Pareto, además de los indicadores de fiabilidad y de mantenimiento de clase mundial empleados para evaluar el sistema de mantenimiento. La investigación, arrojó como resultado principal la identificación de problemáticas como deficiente control en la calidad de mantenimiento, poca capacitación del personal, problemas con la logística y abastecimiento de piezas de repuesto, envejecimiento del parque, así como que la planificación de los ciclos de mantenimiento no se corresponde con el tiempo de explotación de los equipos. Con los elementos que se obtienen en el estudio la entidad dispone de las causas a las cuales debe atacar para mejorar la disponibilidad del parque.

ABSTRACT

The diagnosis of the maintenance system at the Camagüey branch of the "Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA", was conducted due to the need to improve the availability of the special equipment used to repair the telecommunications network in the country. The objective is to detect the main problems affecting this indicator by conducting a diagnosis using quality tools, specifically the Cause-Effect diagram and the Pareto principle, in addition to world-class reliability and maintenance indicators used to evaluate the maintenance system. The main results of the research were the identification of problems such as poor maintenance quality control, poor staff training, problems with logistics and supply of spare parts, fleet aging, and a lack of maintenance cycle planning consistent with equipment operating time. Based on the data obtained from the study, the entity has identified the causes that must be addressed to improve fleet availability..

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es el conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas y a sus usuarios, contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un proceso que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida de forma rentable (García Fernández & Vizcaíno Zaballa, 2009).

Por otro lado, el diagnóstico empresarial constituye una herramienta que puede o no ser sencilla, pero que es de utilidad a los fines de conocer la situación actual de una organización y detectar reservas para su crecimiento, sobrevivencia o desarrollo. Múltiples son las técnicas, herramientas, métodos y procedimientos que pueden ser empleados para realizar un diagnóstico (Martínez Delgado et al., 2019).

La planificación del mantenimiento y el control de calidad son las medidas críticas de desempeño que gobiernan la efectividad de cualquier entorno de fabricación. Por ejemplo, las acciones frecuentes de mantenimiento preventivo (MP) pueden minimizar la probabilidad de averías, costos de mantenimiento correctivo (MC) y rechazos a nivel de calidad; sin embargo, eso conduce a un aumento en los costos de MP. Por otro lado, la política de control de calidad puede identificar rápidamente la ocurrencia de fallas catastróficas, minimizando el CM y PM, pero luego los costos de calidad involucrados en el seguimiento, inspección y la detección de

causas asignables tienden a aumentar (Mishra et al., 2022).

La prevención de posibles fallas en los medios de transporte especiales es fundamental para una operación confiable y segura de los procesos. Una de las herramientas con que se cuenta para el mantenimiento predictivo de una flota de transporte es la medición y análisis de la estadística y registro de las fallas, además se puede optar con más técnicas de diagnóstico como: análisis de lubricantes y composición de gases de escape, etc.

La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA, sucursal Camagüey, es la principal encargada de la reparación, mantenimiento e incremento de la instalación de tecnologías modernas de la red de telecomunicaciones en el territorio, tanto por cable como inalámbrica, para ello cuenta con un parque de vehículos especiales distribuidos en los 13 municipios de la provincia. El incremento de las fallas en los vehículos durante el tiempo de operación afectan los trabajos programados y la atención a las averías en el sector privado y estatal, por tanto es necesario determinar cuáles son las principales causas que afectan el trabajo y la operación de los medios de transporte especiales asignados al mantenimiento y el aumento de la red. Por lo anterior, el objetivo de este estudio es: detectar los principales problemas que afectan este indicador a través de la realización de un diagnóstico aplicando herramientas de calidad específicamente el diagrama Causa-Efecto

y el principio de Pareto; además de los indicadores de fiabilidad y de mantenimiento de clase mundial empleados para evaluar el sistema de mantenimiento.

Para la mejora continua de la actividad de mantenimiento se han creado y diseñado diferentes metodologías y procedimientos, éstos se basan principalmente en el uso de los registros estadísticos de las intervenciones, en las pruebas realizadas con el equipamiento utilizado para el diagnóstico, en el uso de computadoras y software, en el empleo de métodos matemáticos avanzados, además de la experiencia del personal calificado y capacitado para la planificación, desarrollo y control de la actividad de mantenimiento.

Los Indicadores de gestión, también llamados KPIs (Key Performance Indicators) permiten medir el nivel del desempeño de un proceso, a fin de establecer el grado en que un objetivo fijado, se pueda alcanzar. El desafío consiste en saber qué medir, cómo, cuándo, donde, o con qué herramientas. Un departamento de servicio al cliente puede tener como uno de sus indicadores clave de desempeño, en línea con los KPI generales de la empresa, el porcentaje de llamadas contestadas al cliente en el primer minuto (Gallegos Londoño et al., 2020).

Los Indicadores de gestión del mantenimiento deben permitir conocer el grado de cumplimiento de los objetivos, deben ser fáciles de medir, entender y de interpretar, deben ser representativos de las actividades realizadas, deben permitir establecer una relación entre trabajo

solicitado y trabajo entregado, deben permitir la medición y evaluación de tiempos asociados a actividades, deben replicar las buenas prácticas de gestión de otros procesos y/o empresas, deben motivar la competitividad y el deseo de mejorar, deben ser solo unos cuantos (los más significativos o representativos), deben ser concebidos partiendo del punto de vista del parámetro a ser medido, deben responder a la realidad actual, por cuanto deben ser adaptables al cambio, deben permitir medir parámetros que sean dinámicos (no se puede medir algo que no cambia), deben ser usados para permitir crear estrategias de trabajo orientado a la mejora continua (Gallegos Londoño et al., 2020).

En la presente investigación se tiene en cuenta el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), que es una metodología para determinar las actividades de mantenimiento, reactivas y proactivas, con objeto de optimizar la habilidad de los activos industriales, minimizando los fallos operacionales y/o sus consecuencias para la seguridad y medio ambiente, calidad, producción y mantenimiento de las instalaciones industriales (Padilla Quispe, 2019). También, se considera el Mantenimiento de Clase Mundial, que es "...el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan

ahorros sustanciales a las empresas...” (Arrustico Loyola, 2021).

Fundamentalmente, el mantenimiento de clase mundial está orientado a la confiabilidad operacional y el aumento de fiabilidad, misma que es efectiva a través de la eficacia de la capacidad instalada, de tal forma que se logre incrementar el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida (Lamingo Chingo & Toctaguano Robalino, 2019).

Los indicadores de Mantenimiento de Clase Mundial son esenciales para evaluar y mejorar la eficiencia y efectividad de las operaciones de mantenimiento en cualquier organización. Entre los estos indicadores se encuentran la Disponibilidad Operativa, que mide el tiempo que un equipo está disponible para su uso, y el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), que indica la fiabilidad de los equipos. Además, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) es crucial para entender la rapidez con la que se pueden restaurar los equipos a su funcionamiento óptimo

La implementación de estos indicadores permite a las empresas no solo optimizar sus recursos, sino también reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente, creando un entorno de trabajo más eficiente y productivo (Casaña Medel et al., 2021).

Uso de indicadores para la evaluación del mantenimiento

Indicadores de fiabilidad

El estudio de la confiabilidad se utiliza en el análisis de data operativa para mantenimiento (Parra y Crespo, 2020). Es posible conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de: Prever y optimizar el uso de los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento, Diseñar y/o modificar las políticas de mantenimiento a ser utilizadas, Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos, Establecer frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo.

Estos indicadores son:

Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF). Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El Tiempo Promedio para Fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la Falla”.

Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair (MTTR). Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La

mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores

tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento) (Parra y Crespo, 2020).

METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó durante la etapa 2017–2019, en el taller de transporte de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) en la provincia y municipio de Camagüey. Las investigaciones experimentales se realizaron específicamente con el parque de vehículos ligeros y pesados especiales del municipio de Camagüey.

La Empresa tiene una infraestructura de transporte la cual responde a una población de 771 905 Habitantes. El nivel de penetración en la red fija en la actualidad es de 11.33 servicios por cada 100 habitantes, y en la Telefonía pública de 5.45 servicios por cada 1000 habitantes.

Esta investigación tiene un alcance explicativo, porque pretende revelar las principales dificultades que perjudican el trabajo y la operación de los medios de transporte, especialmente los situados en las actividades de mantenimiento y el aumento de la red de la referida sucursal. (Hernández, et al., 2014)

Para diagnosticar los sistemas de mantenimientos se emplearon encuestas, análisis estadísticos, métodos numéricos e indicadores. Con ello se elaboraron Diagramas Causa – Efecto (Ishikawa) que es utilizado para identificar las posibles

causas de un problema específico (León Rodríguez et al. 2021) y permitió organizar gran cantidad de información sobre el problema y determinar las posibles causas. También se utilizó el Diagrama de Pareto que es una herramienta de análisis que muestra la distribución de un conjunto de datos en orden descendente, su objetivo principal es identificar y priorizar los problemas o causas que tienen el mayor impacto en un proceso o situación específica (Chávez et al., 2024); con la cual, se logró visualizar los datos en forma de barras, con las barras más altas representando las causas más significativas.

Para el análisis en la empresa donde se realiza el diagnóstico, se utilizarán los datos recopilados en los reportes, más específicamente se trabajará con las razones de paro que los operadores colocan en las hojas de reporte. Para tratar de averiguar las razones por las que algo está fallando y que acciones deben llevarse a cabo para poder corregir el problema y mejorar los indicadores que se han planteado anteriormente.

Cálculo de indicadores de fiabilidad

Índice de trabajo sin fallas o funcionabilidad

Probabilidad de trabajo sin falla $P(t)$ (%): es la propiedad que establece que en los límites de un período de explotación dado no surjan fallas en el objeto técnico. Este indicador tiene las siguientes características:

a) Siempre tiene una magnitud positiva.

$$0 \leq P(t) \leq 1$$

b) La probabilidad de trabajo sin fallas al inicio de la explotación es igual a la unidad.

$$\text{Para } t = 0 \quad P(t) = 1$$

c) La probabilidad del trabajo sin fallas para un plazo de explotación infinitamente grande tiende a cero.

$$\text{Para } t \rightarrow \infty \quad P(t) \rightarrow 0$$

Según datos estadísticos, se puede determinar por la expresión (1):

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1)$$

Donde:

N_0 = cantidad de equipos objeto de estudio en la prueba

$n(t)$ = cantidad de equipos que fallaron durante la prueba

Probabilidad de la falla $Q(t)$ (%): es la propiedad en que en los límites de un trabajo dado, surja aunque sea una falla, siendo un suceso aleatorio contrario a la probabilidad de trabajo sin falla; de ahí que la suma de ambas magnitudes sean igual a la unidad (2 y 3):

$$P(t) + Q(t) = 1 \quad (2)$$

Donde:

$$Q(t) = 1 - P(t) = \frac{n(t)}{N_0} \quad (3)$$

Tiempo de trabajo medio hasta la falla (t_O) (KM): es la esperanza matemática del trabajo del objeto técnico hasta que aparezca la primera falla, expresión (4):

$$t_O = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_{oi}}{N_0} \quad (4)$$

Donde:

t_{oi} - tiempo de trabajo del objeto (i) hasta que surja la primera falla. Km.

N_0 - cantidad de equipos objeto de estudio en la prueba.

Índice de durabilidad.

Recurso medio t_{mr} : es la expresión matemática del recurso del objeto en (%).

Este se determina por la ecuación (5)

$$\bar{t}_{mr} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N t_{ri} \quad (5)$$

Donde:

t_{ri} - recorrido normado para el año. Km.

N - cantidad de vehículos que trabajan en buen estado al inicio de la prueba.

Índice de reparabilidad

Dentro de los indicadores que caracterizan el índice de reparabilidad se tiene:

Tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo TB [minutos]: es el tiempo o volumen de trabajo que se invierte en detectar y eliminar las fallas, fórmula (6):

$$T_B = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m t_{bi} \quad (6)$$

Donde:

T_{bi} - tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla.

m - cantidad de fallas que son eliminadas.

Para determinar este indicador es necesario tener en cuenta que el mismo evalúa la reparabilidad del objeto técnico y no sus factores externos. Se tiene en cuenta el tiempo promedio para todo el equipo en la eliminación de fallas.

Coefficiente de reparabilidad K_p (%): este indicador se determina por la expresión (7):

$$K_p = \frac{SH}{SH + S_b} \quad (7)$$

Donde:

SH - volumen de trabajo necesario para la eliminación de las fallas.

S_b- volumen de trabajo adicional, o sea, invertido en determinar las causas de surgimiento de la falla, tales como: desarme, lavado, detectado, etc.; es decir, los trabajos que deben de realizarse antes de eliminar directamente las fallas.

Si el objeto técnico está listo para la reparación, los trabajos adicionales son mínimos y el coeficiente de reparabilidad tiene un valor mayor.

Los índices analizados anteriormente permiten valorar sólo una de las propiedades de la fiabilidad que caracteriza el objeto de trabajo. Para una valoración más completa se utilizan los índices complejos, los cuales permiten valorar al mismo tiempo varias propiedades.

Los índices complejos escogidos son:

Coefficiente de disponibilidad K_d (%): es la probabilidad de que el objeto técnico esté apto para el trabajo en un momento arbitrariamente escogido, excepto en los períodos de mantenimiento, en el transcurso de los cuales la utilización del objeto no se prevé. Este índice caracteriza el trabajo sin fallas y la reparabilidad, expresión (8):

$$K_d = \frac{T_o}{T_o + T_b} \quad (8)$$

T_o - tiempo o volumen de trabajo hasta la falla.

T_b - tiempo promedio dejado de trabajar por la eliminación de la falla.

Este coeficiente evalúa las paradas no previstas de la máquina, lo que indica que los mantenimientos y reparaciones planificados no cumplen totalmente su objetivo. Su valor se encuentra en los límites de 0,8 a 0,9. Si K_d es menor que 0,8 se considera bajo el coeficiente de disponibilidad. (Fernández Sánchez & Shkiliova, 2012).

Coefficiente de disponibilidad operativa K_d (%): este coeficiente caracteriza la posibilidad de que el objeto tenga capacidad de trabajo en cualquier momento de tiempo. Su valor puede ser determinado por la fórmula (9):

$$K_{do} = K_d \cdot P(t) \quad (9)$$

Donde:

P (t) - probabilidad de trabajo sin fallas durante un intervalo de tiempo dado.

K_d Disponibilidad

Los indicadores propuestos, basados en los índices de fiabilidad, se desarrollan a partir de la evaluación de cada uno en relación con los elementos de cálculo reales disponibles en la actividad. Estos datos se pueden extraer de documentos accesibles, como las órdenes de trabajo y los informes de explotación.

Metodología para calcular los indicadores de Mantenimiento de Clase Mundial

Con la implementación de los indicadores de clase mundial se puede diagnosticar como está funcionando la eficiencia de la empresa y por ende el de su parque automotor como es el caso que nos ocupa. Indicadores a determinar y las fórmulas que los rigen son:

Tiempo promedio entre fallas: Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas, en el período observado. Este se determina por la ecuación (10)

$$TMEF = \frac{NOIT * HROP}{NTMC} \quad (10)$$

Tiempo promedio para reparación: Relación entre el tiempo total de las intervenciones correctivas en un conjunto de ítems con falla y el número de fallas

detectadas en el período observado. El resultado se obtiene con la fórmula (11).

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC} \quad (11)$$

Disponibilidad de equipos: Relación entre el tiempo total de operación de cada ítem controlado y la suma de esos tiempos con los tiempos de mantenimiento de los mismos ítems, se determina con la expresión (12).

$$DISP = \frac{\Sigma HROP}{\Sigma (HROP - HTMN)} * 100 \quad (12)$$

Costo de mantenimiento por facturación: Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo de análisis, expresión (13).

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100 \quad (13)$$

Costo de mantenimiento por el valor de reposición: Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de compra de un nuevo equipo (valor de reposición). Se determina con la expresión (14)

$$CMRP = \frac{\Sigma CTMN}{VLRP} * 100 \quad (14)$$

RESULTADOS

Resultados del diagnóstico en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA)

Selección del parque y el período de evaluación:

Tabla 1. *Parque de vehículos del municipio Camagüey*

Ligeros		Pesados	
Marca	Cantidad	Marca	Cantidad
Fiat Fiorino	5	Hino 500	1
Hyundai	4	Hyundai	2
Mitsubishi	8	Renault	1
Peugeot	5	Inter-4700	2
		Zil-130	2

Selección de la documentación

Se seleccionaron las órdenes de trabajo presentes en los expedientes de los vehículos donde se extrae la siguiente información: kilómetros recorridos hasta el surgimiento de la falla, registro de intervenciones, síntomas y tipos de fallas, tiempos de mantenimientos correctivos y mantenimientos planificados, costo de las operaciones de mantenimiento.

Estado actual del sistema de mantenimiento automotor en la actividad de mantenimiento de la red en ETECSA

Los servicios técnicos están concebidos para garantizar el buen estado técnico, la explotación y mantenimiento del transporte de la empresa ETECSA, con el fin de garantizar un servicio de mantenimiento y reparación de las redes telefónicas y de internet, como para asegurar las actividades administrativas. Los servicios técnicos constituyen el elemento dinámico del aseguramiento a la actividad de operaciones de la empresa, destacándose por su papel activo e ininterrumpido para mantener un coeficiente de disposición técnica por encima del 85%, necesario para el cumplimiento del plan de ingresos.

Resultados de un estudio precedente realizado en la entidad mostraron que las ocurrencias de fallos, en los autos ligeros, por ser la más representativa en la actividad, aportó las incidencias más frecuentes por sistemas: sistema eléctrico: 23% de las fallas, lubricación y dirección con un 18% de las fallas cada uno, y el sistema de frenos con una incidencia del 16%.

En los sistemas de dirección se deterioran muchas de las piezas que lo componen, sufren torsiones y desgaste por causa de los baches; las direcciones, sus terminales y rótulas, así como bielas y otros componentes, pierden sus cualidades funcionales, afectando negativamente, en el control y dirección del vehículo.

El exceso de polvo existente en el ambiente, daña principalmente en estos vehículos el filtro de aire el cual elimina al máximo las partículas presentes en el aire respirado por el motor para que la mezcla aire / combustible pueda efectuarse en buenas condiciones y no está indicado en las cartas técnicas su revisión periódica.

Otros aspectos que inciden en esta problemática son las normas jurídicas sobre la explotación en transporte que no se

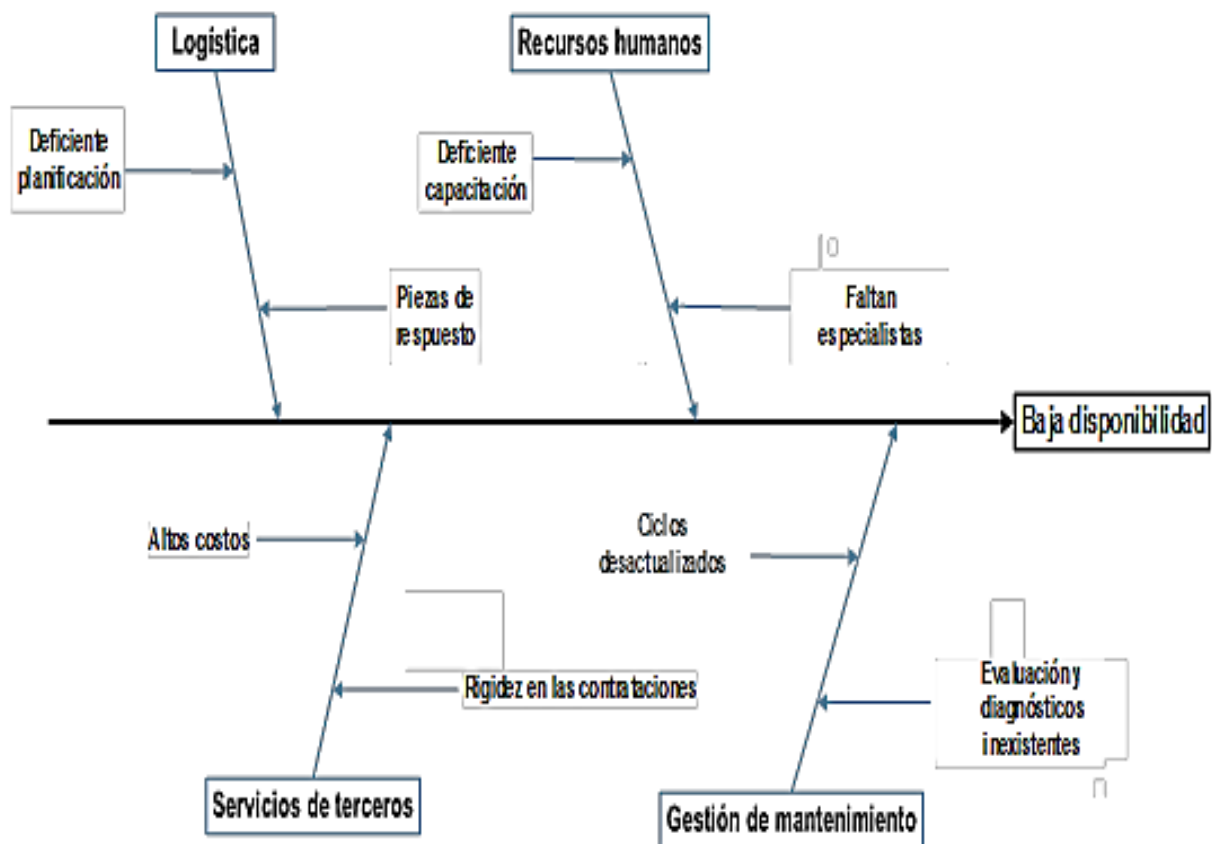
adecuan al sistema de trabajo de los autos, las condiciones de crisis económica global, que afectan disponibilidad financiera y logística para el mantenimiento y la dependencia de un sistema centralizado de la economía para las inversiones actuales y futuras.

Diagrama (Causa- Efecto) Ishikawa para analizar la gestión del mantenimiento en entidad

Durante la consulta a expertos de la entidad se recolectaron los criterios acerca de las causas y subcausas que prococan la baja disponibilidad del parque, luego se procedió a elaborar el diagrama Causa-

Efecto Ishikawa en el siguiente orden: Definición del efecto a analizar: El efecto que se determinó es la baja disponibilidad técnica del parque, definición de las causas primarias y las secundarias correspondientes a cada una de las anteriores y elaboración del diagrama causa-efecto: para elaborar el diagrama, se traza un eje central donde en el extremo derecho se coloca el efecto, en este caso la baja disponibilidad técnica, luego se procede a añadir las causas primarias y las subcausas que influyen en estas. El resultado se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama Causa-Efecto para analizar la gestión del mantenimiento



Igualmente, se realizó el diagrama que analiza el parque automotor. Figura 2.

Figura 2. Diagrama Causa-Efecto para analizar el parque automotor



Resultado de la aplicación del principio de Pareto

Secuencia para la elaboración del diagrama de Pareto para los autos ligeros: Identificación del problema: El problema a

analizar es el nivel de incidencia de los sistemas en las roturas de los automóviles y autos pesados y Elaboración del gráfico Diagrama de Pareto autos ligeros y autos pesados (Figura 3 y 4).

Figura 3. *Diagrama de Pareto autos ligeros*

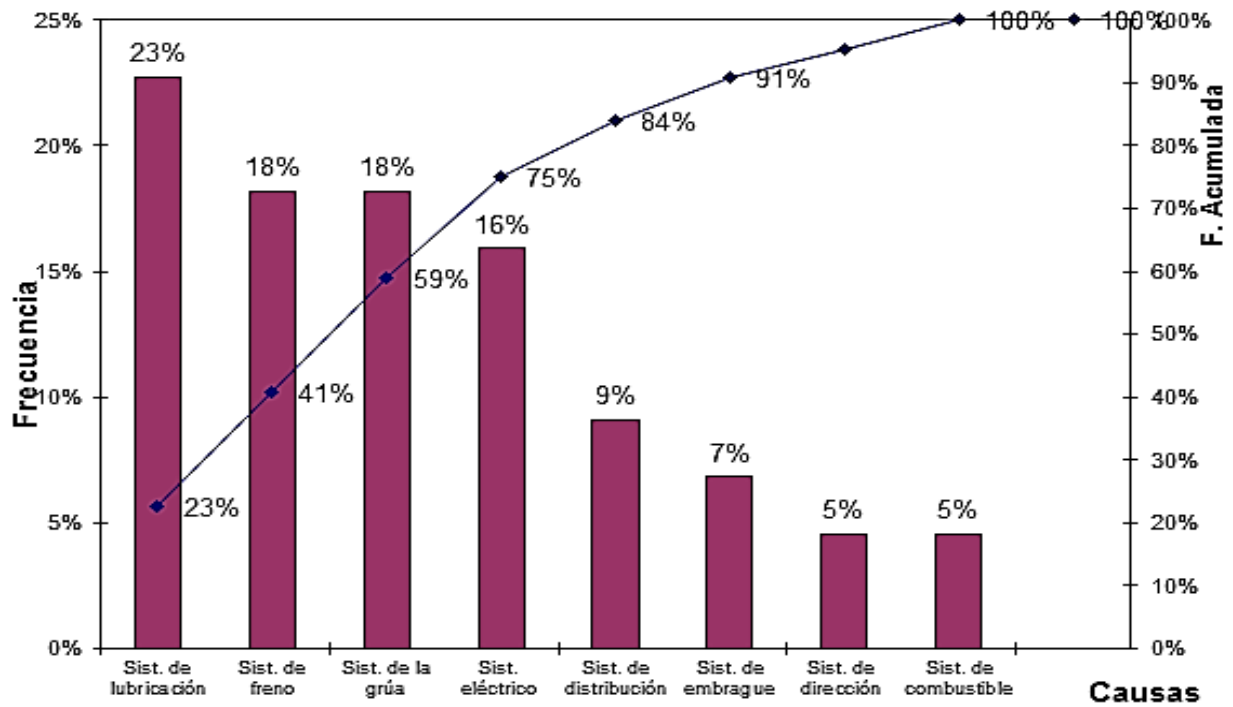
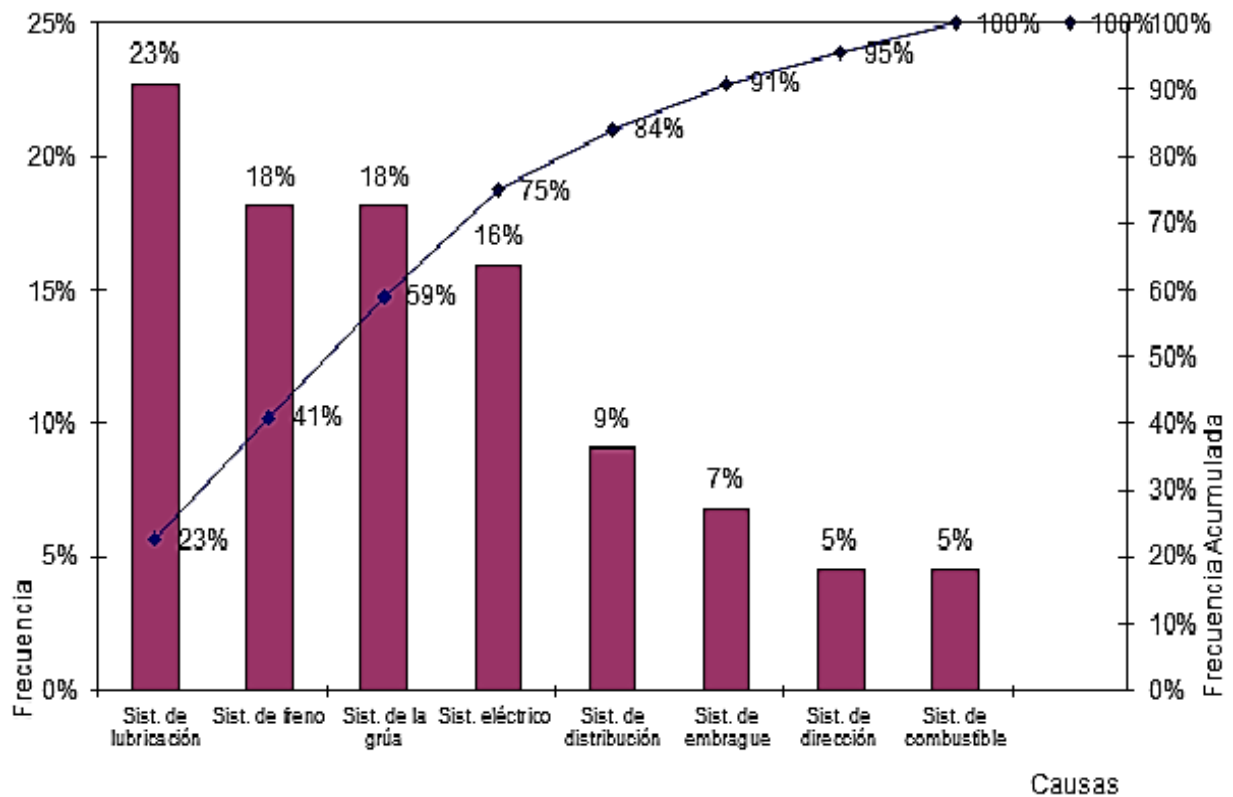


Figura 4. *Diagrama de Pareto autos pesados*



Indicadores de fiabilidad

Con la información extraída de las órdenes de trabajos se calcularon los siguientes indicadores de fiabilidad: probabilidad de trabajo sin fallos $P(t)$, probabilidad de la falla $Q(t)$, tiempo medio hasta la falla T_0 , recurso medio T_{mr} , tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo T_b , coeficiente de reparabilidad K_p ,

coeficiente de disponibilidad K_d , coeficiente de disponibilidad operativa K_{do} .

Una vez determinados los indicadores que se pueden obtener por la información disponible en las órdenes de trabajo se procede a realizar los cálculos. Resultados Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Resultado de los indicadores de fiabilidad vehículos ligeros

Marca	$P(t)$	$Q(t)$	T_0 (hrs)	t_{mr} (km)	T_B (hrs)	K_p (%)	K_d (%)	K_{do} (%)
Fiorino	0,2	0,8	2674	91.770	128,231	0,916	99,8	20,0
Hyundai	0	1	3709,5	870	92,905	0,953	99,7	0
Mitsubishi	0,125	0,875	1849,5	153.420	49,111	0,935	99,4	12,4
Peugeot	0,4	0,6	2790,6	462.30	85,339	0,878	98,1	39,2

Tabla 3. Resultado de los indicadores de fiabilidad vehículos pesados

Marca	P(t)	Q (t)	(to)	Tmr	TB	Kp	Kd	Kdo
Hino 500	0	1	193	725,2	69,5	0,91	99	11
Hyundai	0	1	109,5	6900	130,92	0,95	63	13
Renault	1	0	1233	12000	86	0,93	98	97,8
Inter-4700	0	1	140	468,44	176	0,96	88	14
Zil-130	0,5	0,5	156	16800	62,08	0,90	28	14

Indicadores de Clase Mundial

Igualmente, la información se extrae de las órdenes de trabajo emitidas en el taller calculando los siguientes indicadores (Tabla 4 y Tabla 5): TMEF: tiempo medio

entre fallas, TMPR: tiempo medio para la reparación, TMPF: tiempo medio hasta la primera falla, DISP: disponibilidad de los equipos, CMRP: costo medio por el valor de reposición.

Tabla 4. Indicadores de clase mundial aplicados a los vehículos ligeros

MARCA	TMEF	TMPR	TMPF	DISP	CMRP
Fiat	598,06	0,32	119,61	48,57	6,19
Hyundai	668,17	0,45	167,04	48,78	13,30
Mitsubishi	825,41	1,02	103,18	48,73	8,18
Peugeot	1219,33	4,43	243,87	49,05	0,92
Promedio	827,74	1,55	158,42	48,78	7,15

Tabla 5. Indicadores de clase mundial aplicados a los vehículos pesados

MARCA	TMEF	TMPR	TMPF	DISP	CMRP
Hino-500	226,95	0,05	226,95	49,885	3,06
Hyundai	305,85	21,54	152,92	46,579	1,74
Renault	731,23	1,67	731,23	49,035	15,57
Inter-4700	614,19	9,57	307,09	48,529	6,76
Zil-130	45,33	114,00	22,67	10,658	0,39
Promedio	384,71	29,36	288,17	43,767	5,51

Discusión

Análisis de las causas que afectan la gestión de mantenimiento

Deficiencias en la gestión: Dado principalmente la falta de evaluación continua del sistema de mantenimiento y no adaptar el mismo a las condiciones del parque.

Recursos Humanos: La deficiente planificación de la sostenibilidad de la plantilla del taller, las fluctuaciones de la fuerza laboral en busca de mejores condiciones y la mala planificación de las capacitaciones de los especialistas.

Servicios de terceros: La principal entidad que les presta los servicios de reparación y mantenimiento es la entidad SASA, que presenta dificultades para reemplazar filtros, piezas de repuesto y realizar reparaciones a los motores, esto sumado al alto costo del servicio y la calidad del mismo no es la mejor.

Aseguramiento: Afectado sobre todo por la situación económica del país, causada principalmente por el embargo del gobierno de Estados Unidos; además de la falta de gestión y planificación para la adquisición de piezas de repuesto.

Análisis de las causas primarias y secundarias sobre el deterioro del parque

Motor: Las principales incidencias en este sistema son dadas por la dificultad de sustituir los filtros de aceites y combustibles, las fallas en los embragues por el uso prolongado de los mismos y los salideros de aceites por el mal estado de las mangueras y conductos.

Sistema eléctrico: Los problemas que afectan este sistema son causados por la falta de baterías, fallos en los motores de

arranque y alternador por la falta de repuesto para los mismos además del mal estado del cableado y los circuitos.

Carrocería y Chasis: En el caso de la estructura de los vehículos, el tiempo de uso de estos, ha incidido en el deterioro de la carrocería y los chasis, la falta de chapistería y pintura provoca la aparición de zonas con presencia de óxido, además de los recurrentes problemas con la sustitución de los neumáticos.

Dirección y frenos: Las difíciles condiciones de explotación, dadas principalmente por la mala calidad de las vías, provocan afecciones en los elementos rígidos y los mecanismos de mando, provocando salideros en los sistemas hidráulicos de estos.

Autos pesados: el sistema de lubricación es el que más fallas presentó, siendo el único sistema que está por encima del 80% de incidencia, siendo el principal elemento que provoca la frecuencia de visitas al taller y el principal causante de la baja disponibilidad de los equipos, además es la principal causa de interrupciones en el servicio de mantenimiento e incremento de la Red, esto significa, que trabajando en esta problemática se pueden disminuir la frecuencia de paradas innecesarias y de reparaciones no programadas.

Autos ligeros: el sistema eléctrico es el que mayores fallas presentó, las incidencias de este sistema en la baja disponibilidad de los equipos es notablemente alta siendo la principal causa de interrupciones en el servicio. Por tanto, atacando directamente los problemas de este sistema junto con el de lubricación provocaría una disminución

notable en las visitas no programadas al taller.

Análisis de los indicadores de fiabilidad

1- La fiabilidad del parque estudiado es baja como demuestran los resultados del cálculo de la probabilidad de trabajo sin fallos (Pt), que en ninguno de los casos supera el 40%.

2- Todos los equipos poseen un alto coeficiente de reparabilidad demostrando que las fallas son de fácil solución se pueden prevenir si las tareas de mantenimiento se realizaran con calidad.

3- La disponibilidad operativa (Kdo) en los casos estudiados, con excepción de los vehículos pesados Renault, se evalúan de mal al no superar estos el 85%.

Análisis de los resultados de los Indicadores de Clase Mundial.

1- Los valores coeficiente de disponibilidad no superan el 50% Según la literatura utilizada por las empresas a nivel mundial, los resultados mayores de 95% son considerados como excelentes, mientras que entre un 90% y 94% se definen buenos, entre 85% y 89% su evaluación es regular e inferiores a un 85% son resultados deficientes para este tipo de estudio.

2- Los gastos en la solución de fallas y por mantenimiento planificado, supera el valor de la reposición de los vehículos estudiados, principalmente por el tiempo que llevan en explotación.

CONCLUSIONES

La gestión de los recursos humanos y materiales en el ámbito del mantenimiento presenta deficiencias significativas que impactan la calidad de los servicios. El análisis realizado mediante el diagrama causa-efecto revela que no se planifica adecuadamente la incorporación de personal especializado ni se promueve la superación continua del personal existente en nuevos métodos de diagnóstico y mantenimiento. Además, la situación económica del país ha dificultado la identificación y aseguramiento de los componentes esenciales para llevar a cabo mantenimientos de calidad.

El envejecimiento del parque vehicular es otro factor crítico, ya que muchos de los vehículos utilizados para las operaciones

de mantenimiento y ampliación de la red tienen más de 15 años de explotación. Esto implica que los ciclos de mantenimiento deben ser acortados y que los trabajos realizados en estos vehículos deben ser más rigurosos y de mejor calidad para garantizar su operatividad.

Se ha observado que los sistemas eléctricos y de lubricación son los que presentan las mayores cifras de incidencia en fallas. Abordar las problemáticas que afectan a estos sistemas podría resultar en una disminución significativa de las interrupciones no planificadas y en una reducción de las visitas constantes al taller. Los mantenimientos planificados han mostrado una calidad insuficiente. El indicador de tiempo medio para la

reparación (TMR) sugiere que las fallas se solucionan con relativa facilidad y en poco tiempo. Esto indica que, si se realizaran revisiones más rigurosas durante los mantenimientos planificados, se podrían reducir considerablemente las interrupciones.

En la mayoría de los casos, los gastos en mantenimiento y reparación superan el costo de adquirir un vehículo nuevo. Este hallazgo, evidenciado a través del

indicador de costo medio de reposición, subraya la necesidad de reevaluar las estrategias de mantenimiento y considerar inversiones más eficientes que garanticen la sostenibilidad y efectividad de las operaciones.

Se requiere implementar mejoras en la gestión de recursos y en los procesos de mantenimiento para optimizar la operatividad y reducir costos a largo plazo.

REFERENCIAS

Arrustico Loyola, J. D. (2021). *Propuesta de una gestión de mantenimiento de clase mundial para incrementar la productividad en refinerías de petróleo en el Perú-2020* [Tesis de maestría, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/26149>

Casaña Medel, J. C., de la Rosa Andino, A. A., Macías Socarrás, I., Morales Tamayo, Y., Zamora Hernández, Y. K., & Aguilera Corrales, Y. (2021). El mantenimiento a partir de los indicadores de clase mundial en la fábrica Lácteos Bayamo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(3), 72-82. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1455/pdf>

Chávez, L.-F., De-La-Rosa, S.-E., Manjarres, J.-C., Valbuena, S.-G., & Becerra-Torres, M. (2024). Diagrama de Pareto. Perspectiva de la Asignatura de Control de la Calidad. *Boletín de*

Innovación, Logística y Operaciones, 6(1), 51-56. <https://doi.org/10.17981/bilo.6.1.2024.07>

Fernández Sánchez, M. & Shkiliova, L. (2012). Validación de un método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4), 72-79. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/12/11>

Gallegos Londoño, C. M., Viscaíno Cuzco, M. A., & Sergio Raúl, S. R. (2020). Estudio de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad aplicado a grupos electrógenos Prime. *ConcienciaDigital*, 3, 44-61. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1266>

García Fernández, G., & Vizcaíno Zaballa, R. (2009). Técnicas de diagnóstico en mantenimiento de los servicios de hemodiálisis. *Ingeniería Industrial*, 30(1), 1-4.

<https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/246/232>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Lamingo Chingo, C. P., & Toctaguano Robalino, F. F. (2019). *Propuesta de metodología de mantenimiento de clase mundial (MCM) en el área molinos del grupo FAMILIA en Planta Lasso* [Proyecto de Titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5605>

León Rodríguez, I. X., Espín Canga, L. H., & Gallegos Gallegos, S. B. (2021). Método general de solución de problemas y diagrama de Ishikawa en el análisis de los efectos de los femicidios en el entorno familiar. *Conrado*, 17(79), 252-260. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1721>

Martínez Delgado, E., Cabrera Gómez, J., & Arce Castro, B. A. (2019). Diagnóstico del servicio de mantenimiento de grupos

electrógenos de emergencia. *Ingeniería Mecánica*, 22(2), 92-99.

<https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/609>

Mishra, A. K., Shrivastava, D., & Rastogi, R. (2022). An efficient Jaya algorithm for joint optimization of preventive maintenance and quality policy in production systems. *Proceedings of CIRP*, 107, 1299-1304. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.01.001>

Padilla Quispe, H. A. (2019). *Aplicación de un plan de mejora en la gestión de maquinarias y equipos basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa Construmaq Perú SA*. [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/25994>

Parra, C. M. y Crespo, A. M. (2020). Técnicas de Auditoría aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad. *Technical Series: Reliability, Maintenance and Asset Management*. Whitepaper # IV. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10169.60003>

Autores

Lilian Chaviano Tovar. Universidad de Camagüey, Cuba.

ORCID: <https://orcid.org/0000>

Email: lilian.chaviano@reduc.edu.cu; chaviano2010@gmail.com

Dayner Manzo Pinto. Universidad de Camagüey, Cuba.

ORCID: <https://orcid.org/0000>

Email: dayner.manzo@reduc.edu.cu

Neeldes Matos Ramírez. Universidad de Camagüey, Cuba.

ORCID: <https://orcid.org/0000>

Email: neeldes.matos@reduc.edu.cu

Recibido: 09-02-2024

Aceptado: 18-05-2025