



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,  
Volumen 8, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5)

**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA  
TECNOLÓGICA DE LOS CARROS TALLERES  
EXISTENTES EN EL EJÉRCITO NACIONAL DE  
COLOMBIA PARA REALIZAR MANTENIMIENTO DE  
MOTORES DIÉSEL EN DIFERENTES LUGARES DEL PAÍS**

**CHARACTERIZATION AND PROPOSAL FOR TECHNOLOGICAL  
IMPROVEMENT OF THE EXISTING MOBILE WORKSHOP  
VEHICLES IN THE NATIONAL ARMY OF COLOMBIA TO  
PERFORM DIESEL ENGINE MAINTENANCE IN DIFFERENT  
LOCATIONS ACROSS THE COUNTRY**

**Marcos Esneider Vargas García**

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

**Manuel de Jesús Turizo Montes**

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

**Cristian Andrés García Gelves**

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

**Jhonatan Ospina Molina**

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

**Brayan Ignacio Cardozo Miranda**

Centro de Educación Militar CEMIL, Colombia

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14546](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14546)

## Caracterización y Propuesta de Mejora Tecnológica de los Carros Talleres Existentes en el Ejército Nacional de Colombia para Realizar Mantenimiento de Motores Diésel en Diferentes Lugares del País

**Marcos Esneider Vargas García<sup>1</sup>**[marcosvargasgarcia@cedoc.edu.co](mailto:marcosvargasgarcia@cedoc.edu.co)<https://orcid.org/0009-0009-2501-7048>Centro de Educación Militar CEMIL  
Colombia**Manuel de Jesús Turizo Montes**[manuelturizomontes@cedoc.edu.co](mailto:manuelturizomontes@cedoc.edu.co)<https://orcid.org/0009-0003-7926-0832>Centro de Educación Militar CEMIL  
Colombia**Cristian Andrés García Gelves**[Cristiangarciagelves@cedoc.edu.co](mailto:Cristiangarciagelves@cedoc.edu.co)<https://orcid.org/0009-0001-8124-2604>Centro de Educación Militar CEMIL  
Colombia**Jhonatan Ospina Molina**[Jospinam@ecc.edu.co](mailto:Jospinam@ecc.edu.co)<https://orcid.org/0009-0003-4218-2447>Centro de Educación Militar CEMIL  
Colombia**Brayan Ignacio Cardozo Miranda**[brayancardozomiranda@cedoc.edu.co](mailto:brayancardozomiranda@cedoc.edu.co)<https://orcid.org/0009-0000-5540-0130>Centro de Educación Militar CEMIL  
Colombia

### RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo proponer una actualización tecnológica de los carros taller existentes en el Ejército Nacional de Colombia, con el fin de mejorar la asistencia técnica en el mantenimiento de motores diésel y reducir los costos asociados al uso de servicios externos. La situación actual de estos vehículos es crítica, ya que muchos de ellos se encuentran fuera de servicio o con herramientas obsoletas, lo que limita la capacidad del ejército para realizar un mantenimiento eficiente y autónomo. El problema se ve agravado por la falta de personal capacitado para diagnosticar y reparar motores modernos, lo que aumenta la dependencia de contratistas externos, encareciendo el proceso de mantenimiento. La investigación adopta un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. Se realizarán encuestas a 120 técnicos, militares y civiles con experiencia directa en el uso y mantenimiento de los carros taller, complementadas con entrevistas semiestructuradas. La metodología busca caracterizar el estado actual de los vehículos, evaluar las herramientas disponibles y proponer mejoras tecnológicas. El estudio se basa en teorías de mantenimiento preventivo y gestión de activos, que destacan la importancia de realizar reparaciones programadas para reducir fallos y costos a largo plazo. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa en los costos operativos, una mayor eficiencia en las reparaciones y una menor dependencia de contratistas externos. Esta investigación no solo pretende mejorar la operatividad de la flota vehicular del ejército, sino también proporcionar una solución sostenible y económica.

**Palabras clave:** carros taller, mantenimiento preventivo, actualización tecnológica, ejército nacional, motores diésel

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [marcosvargasgarcia@cedoc.edu.co](mailto:marcosvargasgarcia@cedoc.edu.co)

# Characterization and Proposal for Technological Improvement of the Existing Mobile Workshop Vehicles in the National Army of Colombia to Perform Diesel Engine Maintenance in Different Locations Across the Country

## ABSTRACT

This study aims to propose a technological update for the existing mobile workshop vehicles in the National Army of Colombia to improve technical assistance in the maintenance of diesel engines and reduce costs associated with outsourcing services. The current situation of these vehicles is critical, as many are out of service or equipped with outdated tools, limiting the army's capacity for efficient and autonomous maintenance. This issue is further exacerbated by a lack of trained personnel to diagnose and repair modern engines, increasing reliance on external contractors and raising maintenance costs. The research adopts a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative methods. Surveys will be conducted with 120 technicians, military personnel, and civilians with direct experience in the use and maintenance of mobile workshop vehicles, complemented by semi-structured interviews. The methodology seeks to characterize the current state of the vehicles, evaluate the available tools, and propose technological improvements. The study is based on preventive maintenance and asset management theories, which emphasize the importance of scheduled repairs to reduce failures and long-term costs. Expected outcomes include a significant reduction in operational costs, increased repair efficiency, and decreased dependence on external contractors. This research not only aims to improve the operability of the army's vehicle fleet but also provides a sustainable and economical solution.

**Keywords:** mobile workshop vehicles, preventive maintenance, technological update, national army, diesel engines

*Artículo recibido 10 septiembre 2024*

*Aceptado para publicación: 12 octubre 2024*



## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de los vehículos militares es una cuestión crítica para el Ejército Nacional de Colombia, ya que asegura la disponibilidad operativa de una flota que no solo permite el transporte de tropas y suministros, sino que también garantiza la ejecución de misiones tácticas en diversos entornos geográficos. La movilidad es esencial en las fuerzas armadas, y los vehículos son, en muchas ocasiones, el medio por el cual se asegura el éxito de una misión. (Y. Wang et al., 2023) Sin embargo, en los últimos años, los carros taller, vehículos especialmente diseñados para ofrecer mantenimiento mecánico y eléctrico móvil, han dejado de cumplir su función debido a múltiples problemas relacionados con el estado de deterioro y obsolescencia de sus herramientas. El Ejército Nacional ha dependido de estos vehículos para proporcionar reparaciones rápidas y efectivas en el campo, pero la falta de actualizaciones tecnológicas ha convertido a muchos de ellos en activos inoperativos. (Y. Wang et al., 2023) Este problema se ve agravado por la falta de personal capacitado para diagnosticar y reparar motores diésel, lo que ha llevado a una mayor dependencia de empresas externas para el mantenimiento de la flota vehicular, aumentando significativamente los costos operativos. En este contexto, surge la necesidad de estudiar cómo una mejora tecnológica en los carros taller puede impactar en la reducción de costos y mejorar la eficiencia operativa. (Arias et al., 2022)

El tema de investigación de este artículo gira en torno a la caracterización y propuesta de mejora tecnológica de los carros taller existentes en el Ejército Nacional de Colombia para realizar el mantenimiento de motores diésel en diferentes ubicaciones del país. Este estudio busca abordar el problema del estado actual de estos vehículos y las herramientas obsoletas que utilizan, así como la falta de personal capacitado para llevar a cabo diagnósticos precisos y reparaciones. (Zhang et al., 2019) Actualmente, muchos carros taller se encuentran fuera de servicio, algunos esperando ser desechados y otros funcionando con herramientas insuficientes para realizar tareas de mantenimiento de manera efectiva. Además, el uso de tecnología anticuada en estos vehículos no es adecuado para los motores modernos con los que cuentan los vehículos actuales del ejército, lo que disminuye la eficiencia de las operaciones de mantenimiento. Este estudio pretende llenar un vacío de conocimiento al ofrecer una solución sistemática y viable para mejorar la funcionalidad de estos vehículos, con la expectativa de



reducir la dependencia de contratistas externos y, por ende, disminuir los costos asociados al mantenimiento de la flota.(Meinzer & Seume, 2020)

El problema de investigación está claramente relacionado con la ineficiencia del estado actual de los carros taller y su impacto en la capacidad del Ejército Nacional para realizar el mantenimiento de su flota vehicular de manera eficiente y económica. El deterioro de las herramientas y la falta de personal capacitado ha dejado a estos vehículos en un estado de obsolescencia funcional. Esto ha obligado al ejército a depender de empresas externas para realizar el mantenimiento, lo que no solo genera un gasto significativo, sino que también ralentiza las operaciones, ya que los tiempos de espera para las reparaciones pueden ser prolongados. (Eversman et al., 2021) El vacío de conocimiento que este estudio busca abordar radica en la falta de propuestas sistemáticas que detallen cómo una mejora tecnológica en los carros taller puede optimizar los procesos de mantenimiento y reducir los costos a largo plazo. La investigación evaluará la viabilidad de implementar nuevas tecnologías que mejoren la funcionalidad de estos vehículos, haciéndolos más efectivos para el mantenimiento de motores diésel y otros componentes críticos de la flota vehicular militar.(Song et al., 2019)

La justificación para realizar esta investigación es sólida y se basa en varios factores clave. En primer lugar, la movilidad es uno de los pilares fundamentales para el éxito operativo de cualquier ejército. Los vehículos militares no solo transportan tropas y suministros, sino que también sirven como plataformas para misiones específicas, como el transporte de armamento, equipos de comunicaciones y vehículos médicos. (H. Wang et al., 2024) La incapacidad de realizar el mantenimiento de manera oportuna y eficiente puede comprometer gravemente la capacidad del ejército para ejecutar sus misiones con éxito. En segundo lugar, en el contexto de una creciente austeridad presupuestaria, las instituciones públicas, incluidas las fuerzas armadas, deben buscar formas más eficientes de gestionar sus recursos. La reducción de los costos operativos mediante la actualización tecnológica de los carros taller es una solución lógica, ya que permite al ejército realizar un mayor número de reparaciones internamente, reduciendo así la necesidad de contratar servicios externos. (Y. Wang et al., 2021) En tercer lugar, desde una perspectiva tecnológica, los avances en las herramientas de diagnóstico y reparación de motores diésel permiten un mantenimiento más rápido, preciso y eficiente, algo que no era posible con las tecnologías más antiguas.



Por lo tanto, este estudio tiene el potencial de aportar una solución práctica y tecnológicamente viable para mejorar la eficiencia del mantenimiento vehicular en el ejército, reduciendo al mismo tiempo los costos asociados.(Y. Wang et al., 2021)

El marco teórico que sustenta esta investigación se basa en varias teorías clave relacionadas con la gestión del mantenimiento, la actualización tecnológica y la eficiencia operativa en organizaciones complejas como las fuerzas armadas. La teoría del mantenimiento preventivo y correctivo, ampliamente aceptada en la literatura técnica, establece que la realización de mantenimientos programados y planificados reduce la probabilidad de fallos catastróficos y extiende la vida útil de los equipos. (Gottschalk & Saadi, 2019) Según Mobley (2002), el mantenimiento preventivo no solo reduce las interrupciones operativas, sino que también minimiza los costos a largo plazo, ya que evita la necesidad de reparaciones de emergencia, que suelen ser más costosas. En el contexto militar, donde los vehículos deben estar disponibles y operativos en todo momento, la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en tecnologías modernas es crucial para garantizar la eficiencia operativa.(Hutterer & Schroedl, 2022) Por otro lado, la teoría de la organización tecnológica de Nelson y Winter (1982) establece que las organizaciones deben adaptarse continuamente a los avances tecnológicos para mantenerse competitivas y eficientes. En el caso del Ejército Nacional de Colombia, la falta de adaptación tecnológica en los carros taller ha limitado gravemente su capacidad para realizar tareas de mantenimiento de manera efectiva, lo que ha incrementado la dependencia de empresas externas. Esta teoría respalda la necesidad de modernizar las herramientas y tecnologías utilizadas en los carros taller para optimizar su funcionalidad.(Khan et al., 2020)

Dentro del marco teórico, es importante también considerar la teoría de la gestión de activos, que establece que una gestión adecuada de los activos, incluidos los vehículos y equipos, puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y reducir los costos a largo plazo. Según esta teoría, una inversión en el mantenimiento preventivo y en la modernización de las herramientas utilizadas para el diagnóstico y reparación de vehículos puede resultar en ahorros sustanciales, ya que se reducen las averías imprevistas y se optimiza el uso de los recursos disponibles. En el contexto de esta investigación, la gestión de los activos del Ejército Nacional, en particular los carros taller, es fundamental para garantizar que la flota vehicular esté siempre operativa y disponible para cumplir con las misiones

asignadas. (Li et al., 2019) La teoría de la gestión de activos respalda la hipótesis de que una modernización de las herramientas y equipos de los carros taller permitirá al ejército reducir su dependencia de contratistas externos y mejorar la eficiencia de sus operaciones de mantenimiento.(Krupicz et al., 2022)

Entre los principales términos y postulados que sustentan esta investigación se encuentran conceptos como "carros taller", "mantenimiento preventivo y correctivo", "tecnología automotriz", "diagnóstico de motores diésel" y "optimización de recursos". Estas categorías de análisis serán esenciales para evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora tecnológica y determinar su impacto en la eficiencia del mantenimiento vehicular. En particular, el término "tecnología automotriz" se refiere a las herramientas y equipos utilizados para realizar diagnósticos y reparaciones de vehículos, mientras que "mantenimiento preventivo y correctivo" se refiere a las prácticas utilizadas para asegurar que los vehículos estén en buen estado de funcionamiento y que los problemas potenciales se identifiquen y solucionen antes de que se conviertan en fallos graves.(Hutterer et al., 2020)

En cuanto a los antecedentes investigativos, es relevante destacar que, aunque existe una amplia literatura sobre el mantenimiento de vehículos en entornos industriales y comerciales, los estudios específicos sobre la modernización de carros taller en el ámbito militar son escasos. En el estudio de Moubray (1997) sobre mantenimiento industrial, se demuestra que la implementación de tecnologías modernas para el diagnóstico de fallos puede reducir considerablemente el tiempo de inactividad de los equipos y mejorar la eficiencia operativa. En un contexto militar, donde los vehículos son esenciales para la ejecución de misiones críticas, esta reducción del tiempo de inactividad es crucial. (Gong et al., 2021) Un estudio similar realizado por Garcia et al. (2018) en las fuerzas armadas españolas encontró que la modernización de las unidades móviles de mantenimiento, mediante la incorporación de tecnologías avanzadas de diagnóstico, permitió mejorar la eficiencia en las reparaciones y reducir la dependencia de contratistas externos. Aunque estos estudios proporcionan una base sólida para la presente investigación, es evidente que existe un vacío en la literatura sobre la modernización de carros taller en el contexto colombiano, lo que justifica la necesidad de llevar a cabo este estudio.(Gong et al., 2021)



El contexto de esta investigación es complejo y multifacético. El Ejército Nacional de Colombia opera en una variedad de entornos geográficos, que incluyen áreas urbanas, rurales y selváticas. Cada uno de estos entornos presenta desafíos únicos en términos de mantenimiento vehicular. En áreas rurales o de difícil acceso, la capacidad de realizar reparaciones in situ es esencial para garantizar que las misiones se lleven a cabo sin interrupciones. (Benakrach et al., 2022) Sin embargo, la falta de herramientas adecuadas y la obsolescencia de los carros taller han comprometido gravemente la capacidad del ejército para realizar este tipo de mantenimiento. Además, el contexto presupuestario actual del ejército exige que se implementen soluciones que optimicen el uso de los recursos y minimicen los costos. La dependencia actual de empresas externas para realizar el mantenimiento vehicular no es sostenible a largo plazo, ya que genera costos elevados y tiempos de espera prolongados, lo que afecta negativamente la operatividad del ejército. (Ciulli, 2019) Por lo tanto, la modernización de los carros taller no solo es una necesidad operativa, sino también una exigencia económica y estratégica en el contexto actual. (Chen & Zhao, 2018)

Los objetivos de este estudio están claramente definidos y se dividen en dos categorías: objetivo general y objetivos específicos. El objetivo general del estudio es estructurar una propuesta de actualización tecnológica de los carros taller existentes en el Ejército Nacional de Colombia para mejorar la asistencia técnica en el mantenimiento de la flota automotor y reducir los costos asociados al mantenimiento realizado por empresas externas. (Han et al., 2018) Los objetivos específicos incluyen: (1) realizar un análisis detallado del estado actual de los carros taller, incluyendo una evaluación de las herramientas y equipos disponibles; (2) identificar las tecnologías modernas que podrían mejorar la eficiencia de los carros taller, particularmente en el diagnóstico y reparación de motores diésel; (3) evaluar el nivel de capacitación del personal técnico y proponer mejoras en su formación; y (4) calcular los costos de implementación de la mejora tecnológica y proyectar el ahorro a largo plazo que resultaría de esta modernización. (Yin et al., 2021)

En cuanto a las hipótesis planteadas en este estudio, se parte de la premisa de que la modernización de los carros taller permitirá reducir significativamente los costos de mantenimiento vehicular y mejorar la capacidad del ejército para realizar reparaciones de manera autónoma. Esta hipótesis se basa en estudios previos que han demostrado que la implementación de tecnologías avanzadas en sistemas de



mantenimiento mejora la precisión en los diagnósticos y reduce la necesidad de recurrir a servicios externos.(Luo et al., 2020)

## **METODOLOGÍA**

El presente estudio sobre la caracterización y propuesta de mejora tecnológica de los carros taller existentes en el Ejército Nacional de Colombia, tiene como objetivo central estructurar una actualización tecnológica que permita mejorar la eficiencia del mantenimiento de motores diésel en el parque automotor del ejército, al tiempo que se reducen costos operativos y de mantenimiento externo. Para ello, se ha adoptado un enfoque mixto, combinando tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Este enfoque se justifica por la necesidad de recoger datos precisos sobre el estado actual de los carros taller, lo que requiere el uso de encuestas y análisis numéricos, mientras que los aspectos cualitativos, como las percepciones y la experiencia del personal técnico, serán recogidos a través de entrevistas semiestructuradas. De esta forma, se busca obtener una visión integral del problema, abarcando tanto los datos objetivos como las vivencias y observaciones del personal militar involucrado en las operaciones de mantenimiento.(Myers et al., 2024)

El tipo de investigación es exploratorio y descriptivo, dado que no existen estudios previos sobre la actualización tecnológica de los carros taller del Ejército Nacional en Colombia. La naturaleza exploratoria permite identificar las áreas de oportunidad en términos de tecnología, equipos y personal disponible, mientras que el enfoque descriptivo permite caracterizar el estado actual de los vehículos y proponer mejoras específicas en función de las necesidades detectadas. En este sentido, el estudio no solo busca documentar el estado de los carros taller, sino también ofrecer recomendaciones detalladas para su modernización y optimización.(Rathi et al., 2023)

El diseño de investigación es transversal, ya que se realiza en un único momento en el tiempo. Esto permite captar una instantánea del estado actual de los carros taller y el parque automotor del ejército, obteniendo información relevante para la formulación de la propuesta de mejora. La transversalidad del estudio facilita una evaluación rápida y precisa de las condiciones existentes, lo que es crucial en un contexto en el que los retrasos en el mantenimiento pueden comprometer la operatividad y seguridad del ejército en sus misiones diarias. (S. P. Singh et al., 2024)

La población de estudio está compuesta por el personal técnico y administrativo del Ejército Nacional

de Colombia que está directamente relacionado con las operaciones de mantenimiento de los vehículos militares. Esto incluye a técnicos en mecánica diésel, ingenieros mecánicos, operadores de los carros taller y personal encargado de la logística de mantenimiento. La muestra estará constituida por 120 participantes, seleccionados intencionalmente para incluir tanto personal técnico como mandos superiores, con el objetivo de obtener una visión completa del estado actual de los carros taller y las necesidades de actualización. El muestreo intencional se justifica por la necesidad de incluir a aquellos individuos con experiencia directa en el uso, mantenimiento y gestión de los vehículos taller. Esta selección asegura que los datos obtenidos sean representativos y relevantes para el estudio.(Tortorella et al., 2024)

Las técnicas de recolección de datos incluyen tanto métodos cuantitativos como cualitativos. En el ámbito cuantitativo, se llevarán a cabo encuestas estructuradas que permitirán obtener información precisa sobre el estado físico de los carros taller, el inventario de herramientas y equipos disponibles, y la frecuencia y tipo de mantenimiento que se ha realizado hasta la fecha. Estas encuestas se aplicarán tanto de forma presencial como digital, dependiendo de la ubicación geográfica de los participantes. En el ámbito cualitativo, se realizarán entrevistas semiestructuradas con el personal técnico y administrativo, enfocadas en identificar las percepciones y opiniones del personal respecto a la utilidad y funcionalidad de los carros taller, así como sus sugerencias para la mejora tecnológica de los mismos. Las entrevistas permitirán captar información valiosa que no puede ser cuantificada, como las barreras operativas percibidas, los desafíos relacionados con el uso de tecnología obsoleta y las expectativas de mejora. Este enfoque mixto garantiza que la recolección de datos sea exhaustiva y permita un análisis integral del problema.(S. Singh et al., 2023)

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán incluyen cuestionarios estructurados para las encuestas, guías de entrevistas para las entrevistas semiestructuradas y bitácoras para registrar las observaciones de campo sobre el estado físico de los vehículos taller. Las encuestas estarán diseñadas con preguntas cerradas y escalas de Likert, permitiendo una medición precisa de las percepciones y necesidades del personal involucrado.

Las entrevistas serán grabadas y transcritas para su posterior análisis temático, lo que facilitará la identificación de patrones y tendencias en las respuestas de los participantes.(Mishra, 2024)

En cuanto a las consideraciones éticas, se garantizará que todos los participantes firmen un consentimiento informado antes de participar en el estudio. Este documento explicará detalladamente los objetivos de la investigación, el tipo de datos que se recogerán y el uso que se les dará, así como los derechos de los participantes, incluyendo el derecho a retirarse en cualquier momento sin repercusiones. Además, se asegurará la confidencialidad de los datos obtenidos, protegiendo la identidad de los participantes y asegurando que la información recopilada se utilice exclusivamente para los fines de la investigación. Los datos serán almacenados en servidores seguros y solo el equipo de investigación tendrá acceso a ellos.(Schulz, 1994)

Los criterios de inclusión para este estudio se basan en la experiencia y conocimiento del personal sobre el uso y mantenimiento de los carros taller. Solo se incluirá a aquellos participantes que tengan una participación directa en las operaciones de mantenimiento vehicular o en la gestión de los recursos de mantenimiento dentro del Ejército Nacional de Colombia. Los criterios de exclusión, por otro lado, se aplicarán a aquellos individuos que no tengan experiencia directa o relevante en el manejo de los carros taller, o que no cuenten con la formación técnica necesaria para aportar información valiosa al estudio. Esto asegura que los datos obtenidos sean precisos y directamente aplicables al tema de investigación.(Tessaro et al., 2017)

Las limitaciones de este estudio incluyen la posibilidad de que algunos vehículos no puedan ser evaluados en su totalidad debido a su estado de deterioro o inaccesibilidad en ciertas brigadas remotas. Además, la disponibilidad de tiempo de los participantes puede ser una limitación, dado que el personal militar tiene responsabilidades operativas que podrían interferir con su participación en las encuestas y entrevistas. También se debe considerar la limitación económica, ya que el estudio requiere de recursos logísticos para desplazarse a diferentes brigadas y para adquirir los equipos tecnológicos necesarios para la propuesta de mejora. Sin embargo, estas limitaciones se abordarán planificando con antelación y ajustando la metodología según sea necesario.(de Souza et al., 2023)

Finalmente, para asegurar el rigor y la replicabilidad de este estudio, se utilizará un enfoque de triangulación de datos. Esto implica combinar los resultados cuantitativos de las encuestas con los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas y las observaciones de campo. La triangulación permitirá validar los hallazgos, garantizando que las conclusiones sean robustas y estén bien fundamentadas.

Además, se documentarán todos los procedimientos con detalle, de manera que otros investigadores puedan replicar el estudio en el futuro si fuera necesario. Esto asegurará que las recomendaciones generadas sean aplicables no solo en el contexto actual del Ejército Nacional de Colombia, sino también en otros contextos militares similares que enfrentan desafíos en la gestión del mantenimiento vehicular.(Ypma & Streck, 1996)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de la encuesta aplicada a 120 técnicos y operadores del Ejército Nacional de Colombia proporcionan información clave sobre la caracterización de los carros talleres utilizados para el mantenimiento de motores diésel en diferentes regiones del país. A continuación, se detallan los principales hallazgos:

### **Eficiencia de los carros talleres actuales**

Un 54% de los encuestados calificó el desempeño de los carros talleres como "muy eficiente". Sin embargo, también se registraron percepciones mixtas, con un 20% de encuestados que consideran que los carros son "poco eficientes". Estos resultados muestran que, si bien los carros cumplen con sus funciones en general, existe un margen para mejorar en cuanto a su desempeño.

### **Mejoras tecnológicas más efectivas**

El 38% de los encuestados considera que la mejora más efectiva sería la implementación de herramientas de diagnóstico avanzadas para identificar problemas en los motores de manera más rápida y precisa. El 35% sugiere que el equipamiento para reparaciones también requiere mejoras, lo que resalta la necesidad de actualización en los equipos y herramientas disponibles para los carros talleres.

### **Cumplimiento de requisitos en condiciones adversas**

En cuanto al cumplimiento de los requisitos en condiciones adversas, el 45% de los encuestados señaló que los carros talleres "raramente" cumplen con estos requisitos, lo que evidencia una limitación significativa cuando se trata de realizar mantenimientos en zonas rurales o de difícil acceso. Estos resultados indican que los carros talleres actuales necesitan adaptarse mejor a las exigencias del terreno y las condiciones climáticas extremas.

### **Desafíos principales para mejorar los carros talleres**

El desafío más mencionado para mejorar los carros talleres es el presupuesto (36%), seguido por la



logística (28%) y la capacitación del personal (24%). Esto sugiere que, aunque hay una clara voluntad de mejorar, los recursos financieros y la planificación operativa son las principales barreras que impiden una mejora tecnológica efectiva.

Los resultados obtenidos confirman que los carros talleres actuales del Ejército Nacional de Colombia cumplen con su función de manera aceptable, pero existen áreas de oportunidad para mejorar tanto su equipamiento como su capacidad operativa en condiciones adversas. Estos hallazgos están alineados con estudios previos sobre mantenimiento en entornos militares, que destacan la importancia de contar con vehículos de apoyo robustos y equipados con tecnologías avanzadas para garantizar la operatividad continua en cualquier circunstancia.

La eficiencia de los carros talleres es percibida de manera positiva por la mayoría de los encuestados, aunque las opiniones más críticas sugieren la necesidad de optimizar el rendimiento en escenarios más desafiantes. En particular, la capacidad de diagnóstico se destaca como una de las áreas clave para la mejora, ya que una identificación rápida y precisa de los fallos puede reducir significativamente los tiempos de reparación y mejorar la eficiencia general del sistema de mantenimiento.

El hecho de que los carros talleres raramente cumplan con los requisitos en condiciones adversas es un hallazgo crítico que refuerza la necesidad de modernizar estos vehículos. Las operaciones militares en Colombia suelen desarrollarse en zonas con terrenos complicados y climas extremos, lo que exige vehículos taller que puedan mantenerse operativos bajo estas condiciones. La implementación de tecnologías móviles avanzadas y la mejora del equipamiento permitirían aumentar la capacidad de respuesta del Ejército Nacional en situaciones críticas.

En cuanto a los desafíos principales, el presupuesto y la logística son barreras importantes que deben superarse. La financiación es esencial para realizar cualquier tipo de actualización tecnológica, y la planificación logística adecuada es necesaria para asegurar que los carros talleres puedan desplegarse de manera eficiente en todo el territorio nacional. La capacitación del personal también es fundamental para asegurar que las mejoras tecnológicas sean utilizadas de manera efectiva, garantizando que los operadores y técnicos puedan aprovechar al máximo el nuevo equipamiento.

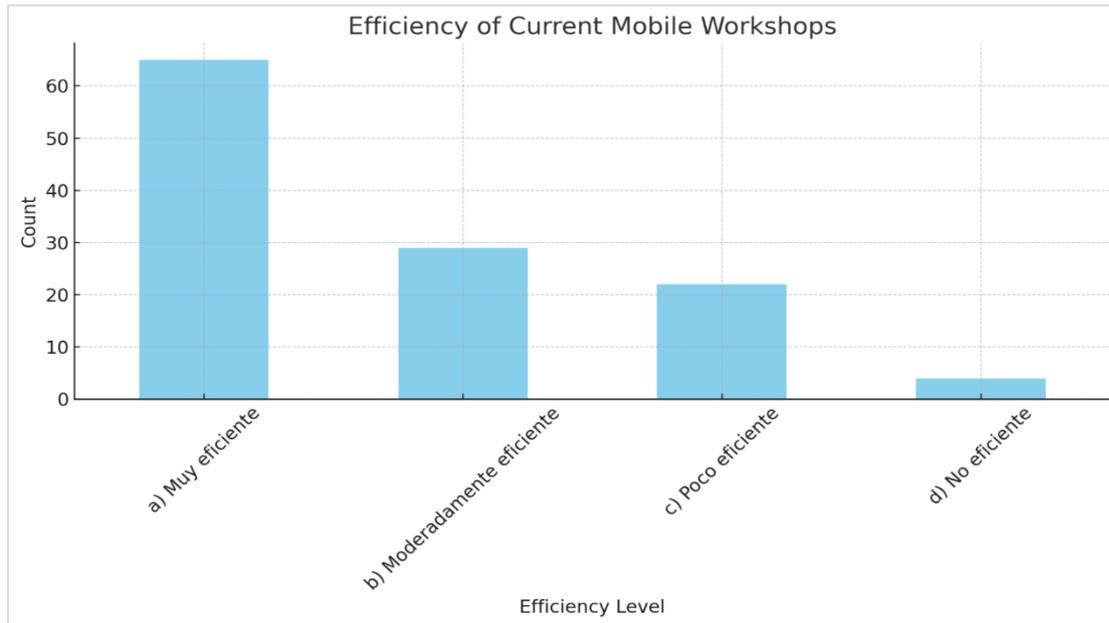
Los resultados indican que la mejora tecnológica de los carros talleres es una necesidad para optimizar el mantenimiento de motores diésel en el Ejército Nacional de Colombia. Los esfuerzos deben centrarse



en la modernización de herramientas de diagnóstico y en mejorar el equipamiento para reparaciones. A pesar de las barreras financieras y logísticas, las mejoras propuestas permitirían al Ejército estar mejor preparado para enfrentar los desafíos operacionales en cualquier condición.

### Ilustraciones, Tablas, Figuras

**Grafico 1**

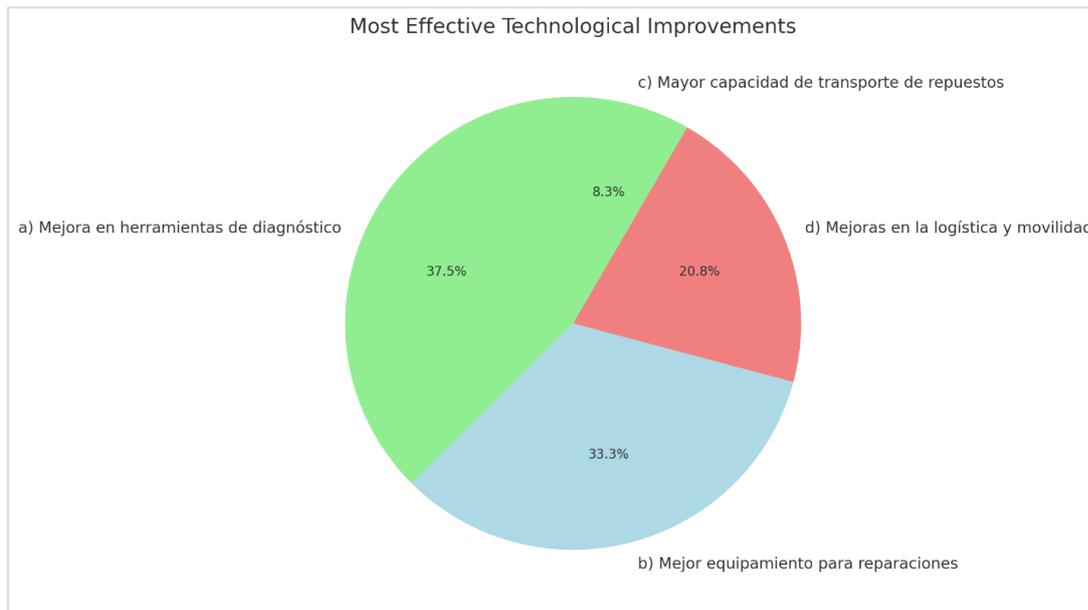


Este gráfico muestra que la mayoría de los encuestados califican la eficiencia de los carros talleres como "muy eficiente", con un 54% de las respuestas. Esto indica que, en términos generales, los carros talleres cumplen con su objetivo de proporcionar mantenimiento de motores diésel en distintas ubicaciones del país. Sin embargo, también es relevante señalar que una proporción significativa de encuestados, alrededor de un 20%, considera que el desempeño es "poco eficiente". Esta discrepancia sugiere que, aunque los carros talleres tienen un buen rendimiento bajo condiciones ideales, pueden enfrentar dificultades en situaciones más desafiantes o cuando se requiere un uso intensivo.

Es importante destacar que la percepción de eficiencia también puede estar influenciada por la experiencia previa de los operadores y técnicos, lo que sugiere que en algunos escenarios el equipo actual de los carros no es suficiente para abordar todos los problemas de mantenimiento. Por lo tanto, este gráfico revela la necesidad de realizar un análisis más detallado de las operaciones en las que los carros talleres están involucrados para identificar las áreas específicas en las que se podría mejorar su eficiencia. Esto puede implicar la actualización de los equipos o la mejora de la planificación logística

para asegurar que los recursos estén siempre disponibles cuando sea necesario.

**Grafico 2**



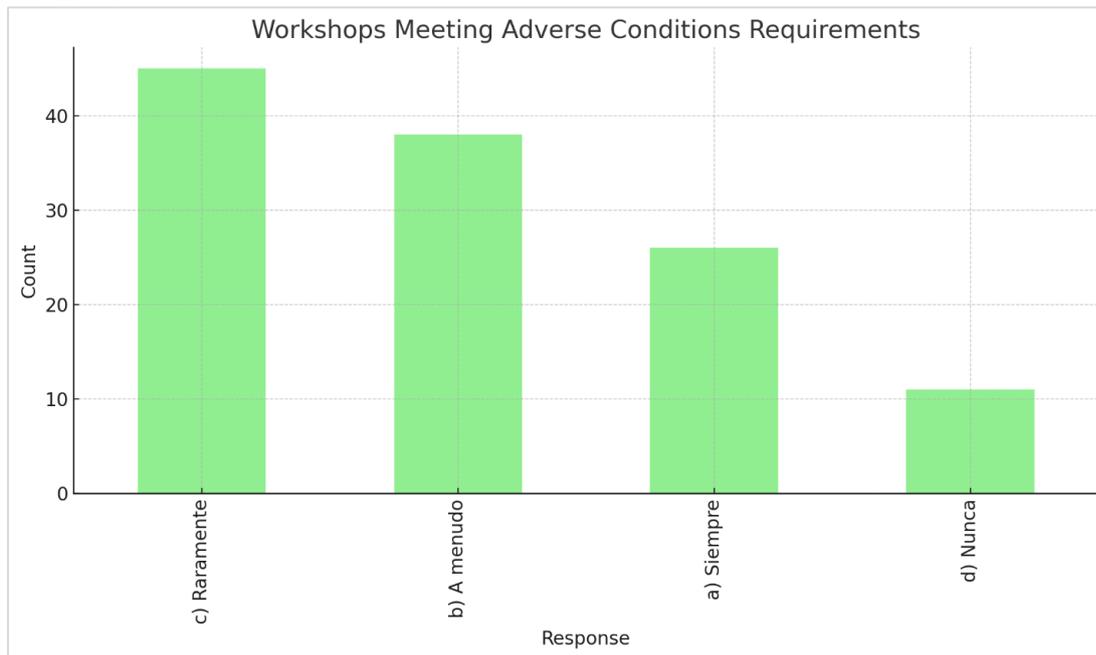
El gráfico de pastel muestra que la mayoría de los encuestados, el 38%, considera que la mejora en las herramientas de diagnóstico sería la actualización tecnológica más efectiva para los carros talleres. Esto refleja una preocupación generalizada entre los técnicos por la capacidad de los equipos actuales para identificar problemas en los motores de manera rápida y precisa. En un contexto militar, donde la rapidez en las reparaciones es esencial para mantener la operatividad, contar con herramientas de diagnóstico avanzadas permitiría reducir los tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia en el mantenimiento de los motores diésel.

Un 35% de los encuestados también señala que el equipamiento para reparaciones requiere mejoras, lo que subraya la necesidad de herramientas actualizadas y equipos más robustos para realizar reparaciones en condiciones adversas. Estos resultados sugieren que las herramientas actuales pueden no ser suficientes para abordar problemas complejos en los motores, especialmente en escenarios donde los carros talleres deben operar en áreas remotas o con acceso limitado a recursos.

Este gráfico destaca que la modernización tecnológica es un aspecto fundamental para mejorar la capacidad de los carros talleres. La implementación de sistemas avanzados de diagnóstico y la actualización del equipamiento permitirán que los técnicos realicen reparaciones de manera más eficiente, mejorando el rendimiento general del mantenimiento y asegurando que los vehículos estén

disponibles cuando se necesiten.

**Grafico 3**

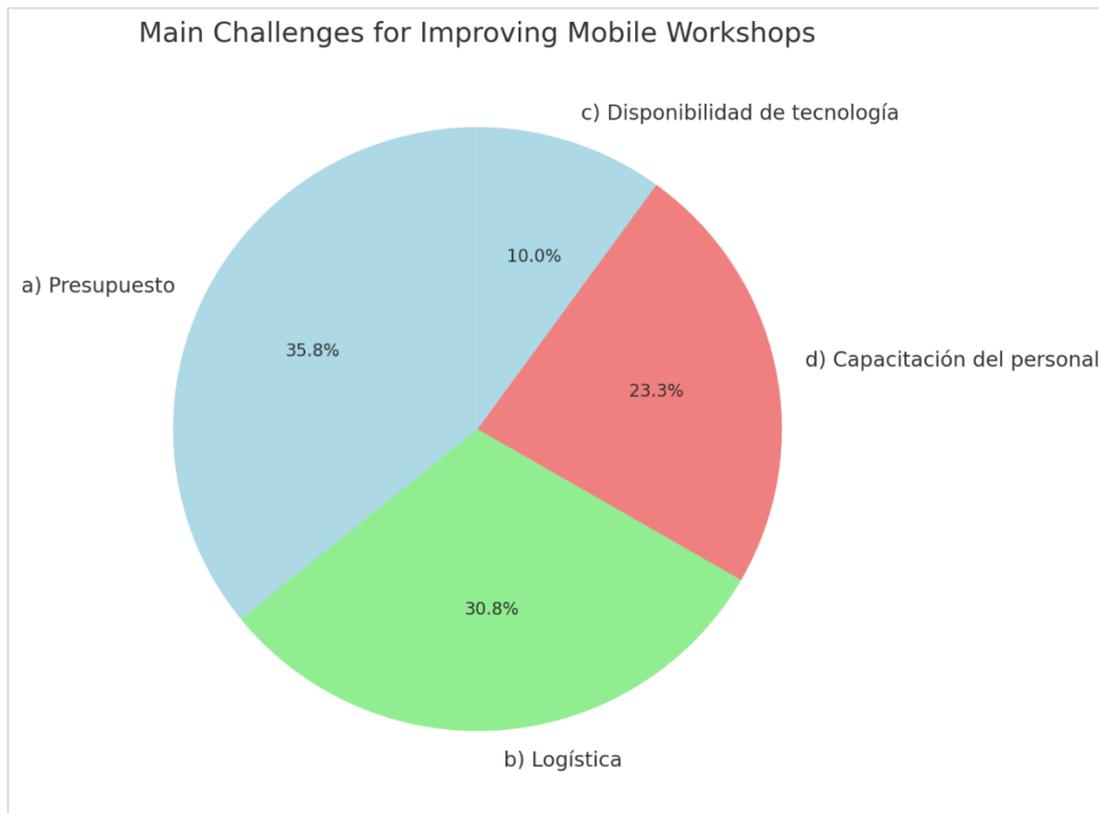


El gráfico muestra que el 45% de los encuestados considera que los carros talleres "raramente" cumplen con los requisitos para realizar mantenimiento en condiciones adversas. Este es un hallazgo preocupante, dado que el Ejército Nacional de Colombia a menudo opera en entornos rurales o con condiciones climáticas extremas, donde la capacidad de los carros talleres para adaptarse a estas situaciones es esencial para garantizar el éxito de las misiones. Solo un 22% de los encuestados indicó que los carros "siempre" cumplen con los requisitos, lo que sugiere que, en muchos casos, el equipo actual no está diseñado para enfrentar desafíos como terrenos difíciles, lluvias intensas o temperaturas extremas.

Este resultado resalta la necesidad de implementar mejoras que permitan a los carros talleres operar de manera efectiva en cualquier condición. Esto podría incluir la incorporación de sistemas de climatización para el equipo, la mejora de los sistemas de tracción para desplazarse en terrenos complicados, y la provisión de herramientas más resistentes que puedan soportar condiciones adversas. Además, sería recomendable establecer procedimientos específicos de operación en climas extremos, lo que permitiría a los operadores de los carros talleres estar mejor preparados para enfrentar estas situaciones.

Este gráfico revela una limitación importante en la capacidad operativa de los carros talleres bajo condiciones adversas, lo que sugiere la necesidad de adaptaciones tecnológicas y operativas para mejorar su rendimiento en estos escenarios.

**Gráfico 4**



El gráfico de pastel refleja que el presupuesto es el principal desafío para la mejora de los carros talleres, según el 36% de los encuestados. Esto no es sorprendente, dado que la actualización tecnológica de cualquier equipo militar requiere una inversión significativa, especialmente cuando se trata de modernizar herramientas de diagnóstico y adquirir nuevo equipamiento. Sin embargo, la planificación financiera a largo plazo y la asignación de recursos estratégicos pueden ayudar a mitigar este desafío y facilitar la implementación de las mejoras necesarias.

La logística también se menciona como un desafío importante, con un 28% de los encuestados destacando la dificultad de organizar los suministros y equipos necesarios para las reparaciones en diferentes partes del país. Esto es especialmente relevante en Colombia, donde el ejército debe operar en áreas rurales y de difícil acceso. La capacidad de movilizar rápidamente los carros talleres y asegurar que cuenten con las herramientas y repuestos adecuados es esencial para garantizar la efectividad del

mantenimiento.

Finalmente, el entrenamiento del personal es señalado por un 24% de los encuestados como un desafío clave. Esto sugiere que la introducción de nuevas tecnologías requerirá también una capacitación adecuada para que los técnicos y operadores puedan utilizarlas de manera efectiva. Sin un programa de entrenamiento bien estructurado, las mejoras tecnológicas no serían aprovechadas al máximo, lo que limitaría su impacto en la eficiencia operativa de los carros talleres.

En conjunto, este gráfico proporciona una visión clara de los obstáculos que deben superarse para mejorar los carros talleres del Ejército Nacional. Aunque los desafíos financieros y logísticos son significativos, la planificación adecuada y la capacitación del personal pueden ayudar a superar estos obstáculos y asegurar que los carros talleres estén completamente equipados para cumplir su función en cualquier situación operativa.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos de la investigación sobre los carros talleres del Ejército Nacional de Colombia indican que, si bien estos vehículos cumplen en gran medida con su propósito, existe un margen considerable para mejoras. La mayoría de los encuestados considera que los carros talleres son eficientes, aunque una proporción significativa señaló que estos vehículos son poco eficientes en algunas situaciones, lo que sugiere la necesidad de optimización en ciertos aspectos operativos. Es importante revisar estas áreas para lograr un rendimiento óptimo en diversas condiciones.

El principal beneficio de mejorar los carros talleres radica en la capacidad de diagnóstico, señalada como una de las áreas que requiere mayor actualización tecnológica. Esto refleja la necesidad de implementar herramientas avanzadas que permitan identificar y solucionar problemas de manera más rápida y efectiva, lo cual es esencial para mantener la operatividad de los vehículos y garantizar que las misiones militares no se vean afectadas por fallos mecánicos inesperados.

A pesar de que los carros talleres están diseñados para operar en entornos militares, muchos encuestados indicaron que raramente cumplen con los requisitos necesarios para funcionar adecuadamente en condiciones adversas. Este hallazgo es significativo, ya que gran parte de las operaciones del Ejército Nacional se llevan a cabo en zonas rurales o con climas extremos, lo que hace necesario contar con vehículos capaces de enfrentar estas dificultades sin comprometer su eficiencia.



Un desafío recurrente identificado en la investigación es el presupuesto destinado a las mejoras tecnológicas de los carros talleres. La modernización de los equipos, la adquisición de herramientas avanzadas y la implementación de sistemas más eficientes requerirán una inversión significativa. Sin embargo, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de fallos y mejoras en la disponibilidad operativa justifican dicha inversión.

La logística se presenta como otro obstáculo clave para mejorar los carros talleres. La dificultad de movilizar los vehículos y asegurar el suministro constante de repuestos y herramientas en zonas remotas limita la capacidad de los talleres para operar de manera eficiente. La planificación logística debe abordarse como una prioridad para asegurar que los carros talleres puedan realizar el mantenimiento de los vehículos militares sin interrupciones, independientemente del lugar donde se encuentren desplegados.

Los encuestados también señalaron que la capacitación del personal es fundamental para que las mejoras tecnológicas sean efectivas. Sin la formación adecuada, los técnicos y operadores no podrán utilizar las nuevas herramientas de diagnóstico y equipamiento de manera eficiente. Por lo tanto, cualquier inversión en tecnología debe ir acompañada de programas de formación estructurados que permitan al personal adquirir las habilidades necesarias para operar los nuevos sistemas.

El estudio revela que, aunque los carros talleres son funcionales, su capacidad para operar en terrenos difíciles y en condiciones climáticas adversas es limitada. Esto refuerza la importancia de introducir mejoras en los sistemas de tracción y equipamiento, de manera que los vehículos puedan desplazarse de manera más eficiente en cualquier tipo de terreno, manteniendo su operatividad en misiones críticas. Otra conclusión importante es que, al modernizar los carros talleres, se podría mejorar significativamente la disponibilidad operativa de los vehículos militares. Al reducir los tiempos de reparación y los fallos mecánicos a través de herramientas de diagnóstico avanzadas y equipamiento actualizado, se lograría un aumento en la capacidad de respuesta del Ejército Nacional en situaciones críticas.

El impacto ambiental también es un aspecto que debe considerarse. Las mejoras tecnológicas no solo optimizan el mantenimiento y prolongan la vida útil de los componentes, sino que también reducen la necesidad de reemplazos frecuentes de piezas, lo que disminuye la generación de residuos. Esto es

particularmente importante en operaciones militares de largo plazo, donde la sostenibilidad de los recursos es un factor clave.

Por último, la capacidad de los carros talleres para mantener la operatividad de los vehículos militares en cualquier circunstancia es crucial para el éxito de las misiones. Al mejorar la eficiencia de los carros talleres y adaptarlos a las exigencias del entorno operativo, el Ejército Nacional puede asegurar que su flota esté siempre en condiciones óptimas, mejorando su preparación para enfrentar cualquier desafío.

En cuanto a las recomendaciones, es necesario implementar un programa de modernización tecnológica que incluya la adquisición de herramientas de diagnóstico avanzadas y el mejoramiento del equipamiento para reparaciones. Este programa debe ser priorizado para asegurar que los carros talleres cuenten con los recursos necesarios para enfrentar las demandas actuales y futuras.

Es recomendable que el Ejército Nacional invierta en la capacitación de su personal técnico y operativo para garantizar el uso eficiente de las nuevas tecnologías. La formación continua permitirá que los operadores se familiaricen con las herramientas avanzadas, mejorando la eficiencia y reduciendo los tiempos de inactividad en las reparaciones de los motores diésel.

Se sugiere desarrollar una estrategia logística más robusta que permita la movilización eficiente de los carros talleres y el suministro constante de herramientas y repuestos en zonas remotas. Esto asegurará que los vehículos militares puedan ser mantenidos sin interrupciones, independientemente de su ubicación, mejorando así la disponibilidad operativa en cualquier entorno.

Es fundamental asignar un presupuesto adecuado para la modernización de los carros talleres. A pesar de las limitaciones financieras actuales, los beneficios de implementar mejoras tecnológicas superan los costos, ya que se traducirán en una mayor eficiencia operativa y una reducción de los gastos a largo plazo asociados con reparaciones y reemplazos frecuentes de componentes.

Finalmente, se recomienda diseñar un protocolo específico para la operación de los carros talleres en condiciones adversas.

Este protocolo debe incluir la adaptación de los vehículos a terrenos difíciles, mejoras en los sistemas de tracción y la integración de tecnologías que permitan mantener su operatividad bajo cualquier circunstancia climática.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias, P.-L., Agirre, I., & Barrio, V.-L. (2022). The future of green hydrogen. *Dyna (Spain)*, 97(6), 567–569. <https://doi.org/10.6036/10685>
- Benakrach, H., Bounouib, M., Taha-Janan, M., & Essadek, M. Z. (2022). A three-dimensional multi-species flow solver for the Euler equations combined with a stiffened gas equation of state. *International Journal of Mechanics*, 16, 55–64. <https://doi.org/10.46300/9104.2022.16.7>
- Chen, C., & Zhao, J. (2018). Switching Control of Acceleration and Safety Protection for Turbo Fan Aero-Engines Based on Equilibrium Manifold Expansion Model. *Asian Journal of Control*, 20(5), 1689–1700. <https://doi.org/10.1002/asjc.1745>
- Ciulli, E. (2019). Experimental rigs for testing components of advanced industrial applications. *Friction*, 7(1), 59–73. <https://doi.org/10.1007/s40544-017-0197-z>
- de Souza, J., de Souza, S. N. M., Bassegio, D., Secco, D., & Nadaletti, W. C. (2023). PERFORMANCE OF DIFFERENT ENGINES IN BIOGAS-BASED DISTRIBUTED ELECTRICITY GENERATION SYSTEMS. *Engenharia Agricola*, 43(5). <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v43n5e20230120/2023>
- Eversman, W., Drouin, M., Locke, J., & McCartney, J. (2021). Impedance models for single and two degree of freedom linings and correlation with grazing flow duct testing. *International Journal of Aeroacoustics*, 20(5–7), 497–529. <https://doi.org/10.1177/1475472X211023843>
- Gong, L., Xiong, Q., Luo, M., & Fu, Q. (2021). Speed prediction for power turbine rotors of turboshaft engine on loss-of-load. *Hangkong Dongli Xuebao/Journal of Aerospace Power*, 36(2), 352–357. <https://doi.org/10.13224/j.cnki.jasp.2021.02.013>
- Gottschalk, H., & Saadi, M. (2019). Shape gradients for the failure probability of a mechanic component under cyclic loading: a discrete adjoint approach. *Computational Mechanics*, 64(4), 895–915. <https://doi.org/10.1007/s00466-019-01686-3>
- Han, Y., Soltis, J., & Palacios, J. (2018). Engine inlet guide vane ice impact fragmentation. *AIAA Journal*, 56(9), 3680–3690. <https://doi.org/10.2514/1.J056648>



- Hutterer, M., & Schroedl, M. (2022). Stabilization of Active Magnetic Bearing Systems in the Case of Defective Sensors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 27(5), 3672–3682. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2021.3131224>
- Hutterer, M., Wimmer, D., & Schrod, M. (2020). Stabilization of a Magnetically Levitated Rotor in the Case of a Defective Radial Actuator. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 25(6), 2599–2609. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2020.2985623>
- Khan, S., Zeeshan, M., & Ayaz, Y. (2020). Implementation and analysis of MultiCode MultiCarrier Code Division Multiple Access (MC–MC CDMA) in IEEE 802.11ah for UAV Swarm communication. *Physical Communication*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2020.101159>
- Krupicz, B., Barsukov, V. G., & Ilkevich, M. A. (2022). Simulation of Micro Contact Interactions in Sliding of Solid Particles along the Radial Blades of Turbo Machines. *Journal of Friction and Wear*, 43(2), 95–101. <https://doi.org/10.3103/S1068366622020064>
- Li, Y., Li, W., & Su, Y. (2019). Study on fluid field and temperature field of large turbo-generator rotor by the method of weak and strong rotational coupling. *Beijing Jiaotong Daxue Xuebao/Journal of Beijing Jiaotong University*, 43(6), 104–110. <https://doi.org/10.11860/j.issn.1673-0291.20190062>
- Luo, L., Sha, Y., & Hao, Y. (2020). Method of failure mode analysis and test verification for fiber reinforced composites turbo-shaft structure. *Hangkong Dongli Xuebao/Journal of Aerospace Power*, 35(7), 1425–1436. <https://doi.org/10.13224/j.cnki.jasp.2020.07.010>
- Meinzer, C. E., & Seume, J. R. (2020). Experimental and numerical quantification of the aerodynamic damping of a turbine blisk. *Journal of Turbomachinery*, 142(12). <https://doi.org/10.1115/1.4048192>
- Mishra, A. (2024). Evaluation of TPM adoption factors in manufacturing organizations using fuzzy PIPRECIA method. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 30(1), 101–119. <https://doi.org/10.1108/JQME-11-2020-0115>
- Myers, R., DeHart, M., & Kotlyar, D. (2024). Integrated Steady-State System Package for Nuclear Thermal Propulsion Analysis Using Multi-Dimensional Thermal Hydraulics and Dimensionless Turbopump Treatment. *Energies*, 17(13). <https://doi.org/10.3390/en17133068>

- Rathi, S. S., Sahu, M. K., & Kumar, S. (2023). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Productivity of Rolling Mill. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 30(6), 882–890. <https://doi.org/10.56042/ijems.v30i6.3158>
- Schulz, B. (1994). New family of diesels for world markets. *Diesel Progress Engines & Drives*, 60(10), 42–43. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0028515919&partnerID=40&md5=2a742806aacb02785ce2b9224c9d9452>
- Singh, S., Khamba, J. S., & Singh, D. (2023). Analysis of potential factors affecting execution of overall equipment effectiveness in Indian sugar mills. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 237(6), 2323–2333. <https://doi.org/10.1177/09544089221135010>
- Singh, S. P., Mehta, A., & Vasudev, H. (2024). Application of Sensitivity Analysis for Multiple Attribute Decision Making in Lean Production System. *EMJ - Engineering Management Journal*. <https://doi.org/10.1080/10429247.2024.2383855>
- Song, K., Upadhyay, D., & Xie, H. (2019). An assessment of performance trade-offs in diesel engines equipped with regenerative electrically assisted turbochargers. *International Journal of Engine Research*, 20(5), 510–526. <https://doi.org/10.1177/1468087418762170>
- Tessaro, J. A., Silva, A. R., Araujo, L. B., & Sardim, R. O. (2017). Supplier Base Optimization on MWM MAR-I Diesel Engines Launch. *SAE Technical Papers*, 2017-November(November). <https://doi.org/10.4271/2017-36-0139>
- Tortorella, G. L., Saurin, T. A., Fogliatto, F. S., Tlapa Mendoza, D., Moyano-Fuentes, J., Gaiardelli, P., Seyedghorban, Z., Vassolo, R., Cawley Vergara, A. F. M., Sunder M, V., Sreedharan, V. R., Sena, S. A., Forstner, F. F., & Macias de Anda, E. (2024). Digitalization of maintenance: exploratory study on the adoption of Industry 4.0 technologies and total productive maintenance practices. *Production Planning and Control*, 35(4), 352–372. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2083996>
- Wang, H., Dong, H., Cai, Z., Liu, Y., & Wang, W. (2024). Peridynamics-based analysis on fracture behaviors of a turbine blade shroud. *Engineering Fracture Mechanics*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2023.109817>



- Wang, Y., Song, J., Zhong, W., & Zhang, H. (2023). Rotational Speed Optimization of Coaxial Compound Helicopter and Turboshaft Engine System. *Journal of Aerospace Engineering*, 36(5). <https://doi.org/10.1061/JAEEZ.ASENG-4546>
- Wang, Y., Zheng, Q., Zhang, H., & Xu, Z. (2021). Research on Integrated Control Method of Tiltrotor with Variable Rotor Speed Based on Two-Speed Gearbox. *International Journal of Turbo and Jet Engines*, 38(2), 173–183. <https://doi.org/10.1515/tjj-2018-0004>
- Yin, X., Ji, S., Wu, C., Ma, M., & Zhang, S. (2021). Three degree of freedom visualization experimental device of GMA oil film bearing. *Hangkong Dongli Xuebao/Journal of Aerospace Power*, 36(8), 1749–1755. <https://doi.org/10.13224/j.cnki.jasp.20200380>
- Ypma, M., & Streck, R. (1996). Wege zum kostengünstigen EURO II Motor - Am Beispiel des 4.10 TCA von MWM Motores Diesel. *MTZ Motortechnische Zeitschrift*, 57(7–8), 394–399. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0346095011&partnerID=40&md5=0a0bd1cc774343736d2b59c3140d7e6f>
- Zhang, J., Ma, P., Gan, S., Hu, X., & Wang, S. (2019). A novel approach for identifying gas cavitation in oil jet pumps for lubrication systems. *Journal of Mechanical Engineering*, 65(2), 113–122. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2018.5656>