

Artículo de investigación

Mejoras en la calidad del mantenimiento vehicular empleando herramientas de la Industria 4.0

Juan Carlos Anchundia ^[1]  Ciaddy Rodríguez-Borges ^[1]  Jesús Alberto Pérez-Rodríguez ^[1] 

[1] Facultad de Posgrado. Maestría en Gerencia de la Calidad e Innovación. Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador.

[2] Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí (UTM). Portoviejo, Ecuador.



Autor para correspondencia: janchundia7775@utm.edu.ec

Resumen

El mantenimiento vehicular constituye un componente esencial para garantizar la eficiencia operativa en los servicios que prestan los gobiernos locales. Sin embargo, muchas instituciones de tamaño medio enfrentan limitaciones en la planificación preventiva, la trazabilidad de intervenciones y el uso de herramientas digitales. En este contexto, el objetivo de la investigación es analizar las herramientas de la Industria 4.0 aplicables al mantenimiento vehicular en el sector público, y valorar algunas herramientas viables para su adopción en entornos institucionales con recursos limitados. La metodología empleada es la descriptiva, basada en una revisión documental y un análisis comparativo de tecnologías, además del análisis de encuestas y entrevistas realizadas en sitio. Los resultados evidenciaron que, si bien herramientas como IoT, automatización e inteligencia artificial ofrecen beneficios relevantes, también requieren niveles de infraestructura y presupuesto que superan las capacidades de muchos gobiernos locales. En comparación, el sistema de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) cuya facilidad de implementación, bajo costo, escalabilidad y alta adaptabilidad institucional resulta viable en este entorno. La adopción de estos sistemas no solo permite optimizar la planificación de mantenimientos y mejorar la eficiencia operativa, sino que también impulsa una transición hacia una gestión pública basada en datos, orientada a la sostenibilidad. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de promover estrategias de digitalización accesibles en el sector público para fortalecer sus capacidades operativas.

Palabras Clave: *mantenimiento vehicular; eficiencia operativa; gestión pública; metodología estandarizada.*

Improving the quality of vehicle maintenance using Industry 4.0 tools

Abstract

Vehicle maintenance is an essential component to ensure operational efficiency in the services provided by local governments. However, many medium-sized institutions face limitations in preventive planning, traceability of interventions and the use of digital tools. In this context, the objective of the research is to analyze Industry 4.0 tools applicable to vehicle maintenance in the public sector, and to assess some viable tools for adoption in institutional environments with limited resources. The methodology used is descriptive, based on a documentary review and a comparative analysis of technologies, in addition to the analysis of surveys and interviews conducted on site. The results showed that while tools such as IoT, automation and artificial intelligence offer relevant benefits, they also require levels of infrastructure and budget that are beyond the capabilities of many local governments. In comparison, computer-aided maintenance system (CMMS) whose ease of implementation, low cost, scalability and high institutional adaptability is feasible in this environment. The adoption of these systems not only optimizes maintenance planning and improves operational efficiency, but also drives a transition to data-driven, sustainability-oriented public management. These findings reinforce the need to promote accessible digitalization strategies in the public sector to strengthen its operational capabilities.

Keywords: *vehicle maintenance; operational efficiency; public management; standardized methodology.*

1. Introducción

En el sector público, el mantenimiento vehicular representa un aspecto estratégico para garantizar la continuidad y eficiencia de los servicios que prestan las instituciones (Barragán, 2022). La operatividad de las flotas incide directamente en funciones clave como la recolección de residuos, obras públicas, control territorial y movilidad institucional. No obstante, muchas administraciones municipales, especialmente aquellas con estructuras técnicas reducidas, presentan debilidades en la gestión del mantenimiento, predominando un enfoque correctivo con escasa planificación, baja trazabilidad de procesos y limitada incorporación de tecnologías que permitan optimizar la calidad del servicio (Berrezueta, 2021).

En el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) de El Guabo, se realizó una investigación por parte de Jadán (2023), que destaca la propuesta de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo progresivo e introduce un matiz importante sobre la necesidad de que las innovaciones en la gestión de mantenimiento respeten el nivel de madurez organizacional de cada municipio.

Diversos autores coinciden en la necesidad de una transformación estructural del mantenimiento en los

organismos públicos, con el fin de superar las limitaciones técnicas y organizativas que afectan su eficiencia (Villamarín-Tapia et al., 2023). Otros autores como Doria et al. (2019), proponen la construcción de metodologías estandarizadas que se adapten a la realidad operativa de los gobiernos locales, incorporando herramientas prácticas, escalables y eficientes. Entre estas, destacan las tecnologías emergentes asociadas a la Industria 4.0, como los sensores IoT, el análisis predictivo, gemelos digitales, la automatización de procesos y, especialmente, los sistemas CMMS, cuya implementación puede generar mejoras significativas en la gestión operativa (Ávila-Camacho & Moreno-Villalba, 2023; Bustamante-Limones et al., 2024).

En este marco, la Industria 4.0 ofrece un conjunto de tecnologías interconectadas que permiten transformar la gestión del mantenimiento hacia un modelo más inteligente, predictivo y eficiente; por ello, estas herramientas no actúan de forma aislada, sino que conforman un ecosistema que integra desde la recopilación de datos hasta la automatización de decisiones operativas. La Figura 1 ilustra las principales tecnologías asociadas a este paradigma y su aplicabilidad en procesos de mantenimiento dentro del sector público.

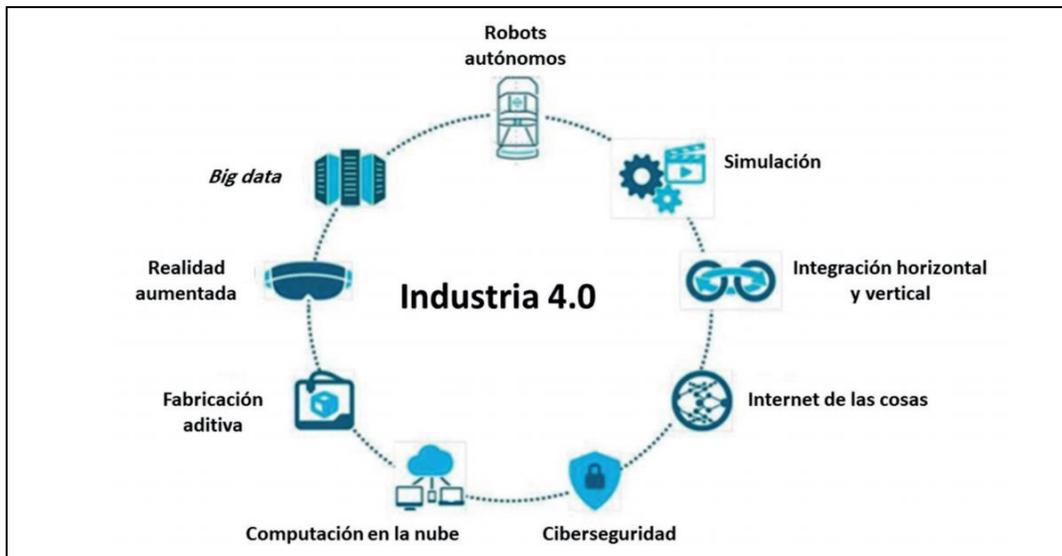


Figura 1: Herramienta industria 4.0. Cada una de estas tecnologías permiten mejoras en los procesos

A partir del conjunto de elementos mostrado como partes integradas a tecnologías asociadas al de la Industria 4.0, con potencial de aplicación en el mantenimiento vehicular del sector público. Estas herramientas, al integrarse adecuadamente en los procesos institucionales, pueden permitir la optimización de los recursos, la reducción de los tiempos muertos y mejoras en la toma de decisiones (Rodríguez-Borges et al., 2024). A continuación, se describe

brevemente en qué consiste cada una de ellas y cómo pueden contribuir al fortalecimiento de la gestión operativa.

Los sensores denominados Internet de las Cosas (*IoT*): esta tecnología, facilita el monitoreo constante de variables como temperatura, presión, kilometraje o vibraciones, lo cual es esencial para detectar condiciones anómalas y programar mantenimientos predictivos, son los que permiten recopilar

datos en tiempo real. Su uso optimiza la eficiencia operativa y reduce tiempos de inactividad, al permitir que las decisiones se basen en datos actualizados y concretos (Durán, 2024).

En la automatización en los procesos de mantenimiento los sensores *IoT*, permite ejecutar tareas sin intervención humana directa. Puede incluir la programación de órdenes de trabajo automáticas, generación de alertas o activación de sistemas de respuesta ante fallas. Esta tecnología mejora la precisión, disminuye los errores operativos y agiliza la gestión de recursos, como destaca Salvador (2022), lo cual es fundamental en instituciones con equipos técnicos limitados.

En esta misma línea, la inteligencia artificial (*IA*) aporta una capacidad de análisis avanzada. En el mantenimiento vehicular, según Cajias (2025), esta tecnología permite procesar grandes volúmenes de datos para predecir fallos, optimizar rutas de atención o asignar tareas de forma eficiente, a través de algoritmos, la *IA* aprende de patrones históricos y propone acciones de mejora continua. Su implementación fortalece la toma de decisiones técnicas y reduce la dependencia del mantenimiento correctivo.

Estas herramientas facilitan establecimiento de prioridades para el mantenimiento predictivo, que se basa en anticipar fallos antes de que ocurran. Según algunos autores como Zambrano-Castro & Pérez-Guerrero (2021), este enfoque de la industria 4.0 permite utilizar la información de sensores, registros históricos y análisis de datos para actuar sobre el estado real de los equipos, y no solo bajo criterios de calendario, y con ello, se logran intervenciones más precisas, se evitan paradas innecesarias y se prolonga la vida útil de la flota institucional.

Otra de las soluciones identificadas en la Industria 4.0, son los sistemas conocidos CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), que permite planificar, ejecutar y registrar todas las actividades de mantenimiento de manera digital. Tal como mencionan Zambrano-Castro & Pérez-Guerrero (2021), su implementación facilita el control de inventarios, la programación de tareas, el seguimiento de órdenes de trabajo y la generación de reportes automáticos. Esta herramienta resulta estratégica para mejorar la trazabilidad y eficiencia operativa, especialmente en administraciones públicas que requieren organizar sus recursos de forma sistemática y transparente.

Las investigaciones previas han permitido evidenciar el potencial de estas herramientas tecnológicas al área del mantenimiento, desde proponer un plan para la implementación progresiva de estas herramientas en los departamentos de mantenimiento vehicular, hasta transformar la organización en cuanto a sus sistemas de gestión de mantenimiento, para buscar su eficiencia, en

cuanto a la toma de decisiones oportunas y la disminución de los costos. En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 aplicables al mantenimiento vehicular en el sector público, y valorar algunas herramientas viables para su adopción en entornos institucionales con recursos limitados. tomando como piloto el estudio diagnóstico realizado en el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Montecristi.

2. Metodología

Esta investigación se desarrolló con un enfoque descriptivo. Se centró en analizar la viabilidad de las herramientas de la Industria 4.0 para el mantenimiento vehicular en el sector público, tomando como referencia el caso del GAD de Montecristi. Para ello, se plantearon cuatro fases específicas que guiaron el desarrollo de la investigación.

Como primera fase, se realizó un diagnóstico donde se aplicó una encuesta al personal técnico y operativo del parque automotor, con el objetivo de conocer la situación actual de los mantenimientos realizados, la disponibilidad de herramientas digitales y las limitaciones más frecuentes (Guillén et al., 2025). Además, se realizaron entrevistas al responsable del área para identificar las prácticas de gestión y los principales desafíos administrativos. Como parte del análisis, se revisó la documentación interna relacionada con el mantenimiento de la flota, lo que permitió evaluar el tipo de intervenciones realizadas, la frecuencia de fallas, los tiempos de respuesta y los recursos disponibles.

En la segunda fase, se procedió a recopilar información sobre las tecnologías disponibles en el marco de la Industria 4.0. Posteriormente, se realizó una comparación entre herramientas como los sistemas *IoT*, la automatización, la inteligencia artificial, el mantenimiento predictivo y el software CMMS. La evaluación se desarrolló a partir de criterios como facilidad de uso, costos estimados, compatibilidad institucional y potencial de mejora operativa. La tercera fase consistió en valorar las herramientas más adecuadas, tomando en cuenta los costos de implementación, las limitaciones de tiempo y las características operativas propias del entorno institucional.

Finalmente, en la cuarta fase, se elaboró un plan para la implementación de estas tecnologías, orientado a la adopción progresiva de la herramienta seleccionada, como una solución viable para optimizar los procesos de mantenimiento. Tal como se presenta en la Figura 2, se consideraron diversos criterios como el costo, la facilidad de implementación y los beneficios esperados, para finalmente seleccionar un conjunto de acciones que permitan a través de un plan para la mejora de la calidad del servicio y la eficiencia operativa.

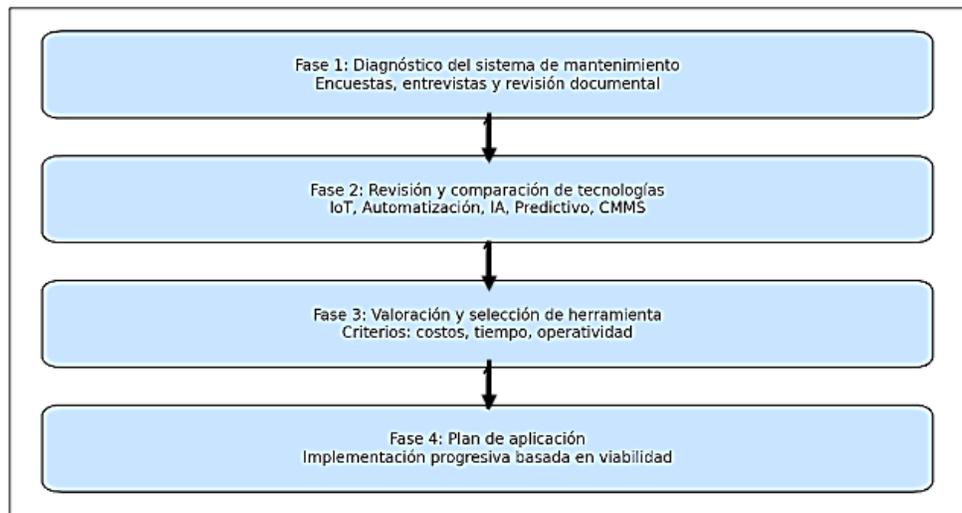


Figura 2: Fases empleadas en la Investigación para la mejora de la calidad en el servicio en el mantenimiento vehicular.

3. Resultados

Para el análisis de resultados, se siguieron las fases planteadas en la metodología, que permitieron organizar y sistematizar la información recolectada. La fase inicial se desarrolló un diagnóstico a partir de la aplicación de un cuestionario dirigido al personal técnico y operativo del parque automotor, complementado con entrevistas al responsable del área. Esta información fue procesada mediante un análisis estadístico descriptivo, lo cual facilitó la identificación de las principales limitaciones del sistema de mantenimiento vehicular actual y sirvió como base para las fases posteriores de evaluación tecnológica y propuesta de mejora

Fase inicial de Diagnóstico

Como parte de la fase inicial, se aplicó un cuestionario dirigido al personal técnico y operativo del parque automotor, con el propósito de evaluar las condiciones actuales del sistema de mantenimiento vehicular en el GAD de Montecristi. Esta herramienta permitió obtener información clave sobre la frecuencia de las intervenciones, los métodos de registro utilizados, el nivel de digitalización y la percepción del personal respecto a la eficiencia del servicio. A continuación, se presenta la Tabla 1, que resumen de los resultados más representativos obtenidos en esta etapa diagnóstica.

Tabla 1: Inventario automotor del GAD. Se valoró el número total de unidades y su operatividad.

Estado Operativo y Distribución de la Flota de Vehículos del Parque Automotor					
Categoría	Tipo de Vehículo	Año de Fabricación	Cantidad	Operativos	No Operativos
Vehículos de Carga	Volquetas	2002 - 2018	7	7	0
Vehículos de Carga	Tanqueros	2006 - 2018	2	1	1
Vehículos Ligeros	Camionetas	2012 - 2014	4	4	0
Maquinaria Pesada	Mini Cargadora	2017	1	0	1
Maquinaria Pesada	Excavadora Oruga	2017	1	1	0
Maquinaria Pesada	Retroexcavadora	2017	1	0	1
Maquinaria Pesada	Motoniveladora	2010	1	1	0
Maquinaria Pesada	Rodillo Liso y Vibratorio	2017	2	2	0
Maquinaria Pesada	Tractor Sobre Oruga	2017	1	1	0
Otros Vehículos	Camión Cama Baja	2018	1	1	0

El diagnóstico realizado en el GAD Municipal de Montecristi, evidenció una gestión de mantenimiento vehicular caracterizada por la ausencia de planificación preventiva, registros manuales dispersos y falta de herramientas digitales de control. Estas condiciones afectan

directamente la disponibilidad operativa de la flota y encarecen los costos del servicio. Los resultados obtenidos encuentran respaldo en diversas investigaciones recientes que han abordado problemáticas similares en otros gobiernos locales del país.

Esta situación presentada en GAD bajo estudio, ya había sido evidenciada por autores como Anguisaca & Peñafiel (2023), quienes identificaron que la falta de un sistema informatizado de mantenimiento genera tiempos muertos prolongados y gestión ineficiente del parque automotor. Del mismo modo, Cedillo & Rivera (2023) señalaron que la ausencia de registros digitalizados dificulta la toma de decisiones basada en evidencia, mientras que López & Guamán (2015), destacó que la sistematización de los historiales técnicos mejora tanto la eficiencia como la transparencia en la gestión pública. Estas observaciones refuerzan la necesidad de adoptar soluciones tecnológicas que modernicen el enfoque actual de mantenimiento, lo que da paso a la siguiente fase del estudio.

Fue necesario proceder a un diagnóstico más detallado con el personal del GAD bajo estudio, para determinar qué tipo de situaciones en el proceso de mantenimiento, causan la falta de operatividad de los equipos automotores, para ello se consideró el criterio del personal operador de los equipos, tal como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Criterio de operadores

Indicador evaluado	Porcentaje (%)
Mantenimiento correctivo como práctica principal	85%
Poca existencia de planificación preventiva	15%
Ausencia de empleo de herramientas digitales	8%
Dificultades por falta de sistematización	78%
Registros manuales dispersos	92%

Los resultados obtenidos reflejan una gestión de mantenimiento vehicular con importantes deficiencias. Un 85 % del personal indicó que los trabajos se realizan únicamente cuando el vehículo presenta fallas, lo que evidencia un enfoque reactivo y no planificado. Apenas el 15 % afirmó que existe algún tipo de planificación preventiva, lo que muestra una débil cultura de programación anticipada. Solo el 8 % reportó el uso de herramientas digitales, lo cual limita la trazabilidad y dificulta la toma de decisiones basada en datos. Además, un 78 % señaló que la falta de sistematización genera demoras y complicaciones en la gestión operativa. Finalmente, el 92 % reconoció que los registros de mantenimiento se llevan de forma manual y dispersa, lo que impide contar con información consolidada y oportuna. Estos resultados refuerzan la necesidad de modernizar los procesos mediante soluciones tecnológicas alineadas a los principios de la Industria 4.0.

Los hallazgos obtenidos en esta primera fase permiten concluir que el sistema de mantenimiento vehicular en el GAD Municipal de Montecristi presenta serias limitaciones estructurales y operativas. La dependencia de prácticas

correctivas, el escaso uso de tecnologías digitales, la ausencia de planificación preventiva y la falta de registros sistematizados impactan negativamente en la eficiencia del servicio. Esta situación justifica la necesidad de avanzar hacia una modernización del modelo de gestión, sustentada en herramientas tecnológicas que permitan optimizar los procesos, reducir costos y mejorar la disponibilidad operativa de la flota institucional.

Segunda fase. Análisis de las Tecnologías de la industria 4.0 aplicado al mantenimiento

Durante la segunda fase metodológica, se efectuó un análisis comparativo de diversas tecnologías asociadas al paradigma de la Industria 4.0, con el objetivo de identificar su aplicabilidad en el mantenimiento vehicular del sector público. Se consideraron herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), la automatización de procesos, la inteligencia artificial, el mantenimiento predictivo y los sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS), según lo propuesto por Velarde & Vásquez (2021). La evaluación de estas tecnologías se realizó tomando en cuenta criterios técnicos fundamentales: facilidad de uso, costo estimado de implementación, requerimientos de infraestructura, escalabilidad del sistema y grado de adaptación a contextos institucionales con limitaciones comunes, tales como baja conectividad, personal reducido o escaso nivel de digitalización. Este análisis permitió delimitar las alternativas más viables para su posterior valoración en fases siguientes.

Tercera fase. Valoración y selección de la herramienta más adecuada

Esta fase tuvo como propósito identificar, mediante un análisis comparativo, cuál de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 resulta más viable para su aplicación en el mantenimiento vehicular del sector público. Para ello, se establecieron criterios de evaluación basados en estudios previos y en las tendencias actuales que priorizan la implementación de soluciones tecnológicas adaptables, de bajo costo y con alto impacto operativo en contextos institucionales (González-Hernández & Granillo-Macías, 2022; Velarde & Vásquez, 2021; Pillado et al., 2022). Los criterios seleccionados fueron: facilidad de uso, costo estimado, requerimientos técnicos, escalabilidad del sistema y aplicabilidad en gobiernos locales con limitaciones comunes como baja digitalización, escaso personal técnico y recursos restringidos.

En la Tabla 3 se muestra el resultado del análisis comparativo realizado entre cinco herramientas: IoT, automatización, inteligencia artificial, mantenimiento predictivo y CMMS con sensores. Esta evaluación permitió identificar las fortalezas y limitaciones de cada opción tecnológica, tomando como referencia su comportamiento en entornos municipales reales. La valoración cualitativa de

los parámetros se realizó con base en literatura técnica y experiencias documentadas en municipios de tamaño medio, lo que otorga validez contextual al análisis. El objetivo de esta etapa fue sustentar, con criterios objetivos y

contextualizados, la selección de una herramienta estratégica que aporte a la mejora operativa, documental y presupuestaria del sistema de mantenimiento vehicular.

Tabla 3: Herramientas de la Industria 4.0 aplicables al mantenimiento vehicular

Herramienta	Facilidad de uso	Costo estimado	Requerimientos técnicos	Escalabilidad	Aplicabilidad municipal
IoT	Media	Alta	Alta	Alta	Media
Automatización	Baja	Alta	Alta	Media	Baja
Inteligencia Artificial	Baja	Alta	Muy alta	Alta	Baja
Mantenimiento predictivo	Media	Media	Alta	Media	Media
CMMS + sensores IoT	Alta	Baja	Media	Alta	Alta

Nota: La valoración de los parámetros (bajo, medio, alto) se basó en las condiciones de gobiernos locales como el GAD de Montecristi. Se consideró la facilidad de uso, el costo de adquisición e implementación, los requerimientos técnicos, la escalabilidad de la herramienta y su aplicabilidad en entornos municipales, tomando en cuenta limitaciones de personal, infraestructura y recursos. Adaptado de Cajian (2025), Durán (2024), Salvador Salvador (2022), Zambrano-Castro & Pérez-Guerrero (2021).

La Tabla 3, presenta el análisis comparativo de cinco herramientas tecnológicas asociadas a la Industria 4.0, evaluadas según criterios clave como facilidad de uso, costo estimado, requerimientos técnicos, escalabilidad y aplicabilidad municipal. Esta comparación se realizó tomando en cuenta las condiciones específicas de gobiernos locales de tamaño medio, como el GAD de Montecristi, y busca determinar cuál de estas tecnologías representa una opción más viable y sostenible para su implementación en el mantenimiento vehicular institucional.

Los valores asignados a cada criterio (bajo, medio o alto) se basan en estudios técnicos y en la revisión de experiencias similares, permitiendo identificar las fortalezas y limitaciones de cada herramienta en función de su adaptabilidad al contexto operativo. La tabla evidencia que el sistema CMMS, complementado con sensores IoT, destaca por su equilibrio entre facilidad de implementación, bajo costo y alta aplicabilidad, posicionándose como la alternativa más adecuada para mejorar la eficiencia operativa y la trazabilidad de los procesos.

Al comparar los distintos estudios analizados, se evidencia un factor común transversal: la deficiencia en la planificación preventiva, la falta de registros sistematizados y la necesidad de herramientas digitales accesibles que se adapten a las condiciones de los gobiernos locales de tamaño medio. Esta coincidencia valida la metodología empleada en la presente investigación y refuerza la pertinencia de sus resultados.

En el caso particular del GAD de Montecristi, la evaluación de alternativas tecnológicas permitió concluir que el sistema CMMS representa la opción más adecuada. Su bajo costo de

adquisición y operación, su facilidad de implementación progresiva, y su compatibilidad con las estructuras administrativas existentes, lo convierten en una herramienta estratégica para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer el control documental y optimizar la gestión de recursos en el mantenimiento vehicular.

Además, la adopción del CMMS no implica únicamente una mejora técnica, sino que promueve un cambio cultural hacia una gestión más preventiva, basada en datos reales y orientada a la mejora continua, (Pillado et al., 2022). Esta transformación resulta fundamental para avanzar hacia una administración pública más moderna, eficiente y transparente, en línea con las tendencias de la Industria 4.0 aplicadas al sector público

Cuarta fase. Propuesta de adopción de herramientas de la Industria 4.0

Como parte de la cuarta fase, se diseñó una hoja de ruta orientada a la implementación progresiva de un sistema de mantenimiento asistido por computadora (CMMS), especialmente pensada para instituciones públicas que gestionan flotas vehiculares en contextos similares al de los gobiernos locales de escala intermedia. Esta propuesta surge del análisis técnico y comparativo de las tecnologías de la Industria 4.0, en el cual el CMMS fue identificado como una alternativa viable, escalable y adecuada para optimizar la eficiencia operativa del mantenimiento vehicular.

La hoja de ruta no responde a una aplicación concreta, sino que constituye un modelo metodológico estructurado con capacidad de adaptación a diversos entornos institucionales. Su diseño contempla cinco fases secuenciales, cada una de ellas con objetivos definidos, actividades clave, responsables

sugeridos y observaciones estratégicas que facilitan su implementación. La primera fase está orientada a establecer una línea base mediante el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento. La segunda fase aborda la definición de requerimientos técnicos y funcionales, para asegurar que la selección del software responda a las necesidades reales de la entidad.

La tercera fase contempla la capacitación del personal involucrado, reconociendo que la apropiación tecnológica es determinante para el éxito del sistema. En la cuarta fase, se propone una implementación gradual del CMMS, iniciando con funciones básicas y ampliando progresivamente su cobertura. Finalmente, la quinta fase incorpora un proceso de

evaluación continua mediante la revisión de indicadores, ajustes operativos y mejoras sostenidas que garanticen la sostenibilidad del sistema en el tiempo.

Esta hoja de ruta fue diseñada con base en buenas prácticas documentadas en la literatura especializada (Balachandran, 2022; Espinosa, 2022; León-Duarte & Martínez-Cadena, 2024), y busca facilitar la toma de decisiones institucionales, reducir los tiempos de parada vehicular, optimizar el uso de recursos y promover una transición ordenada hacia una gestión de mantenimiento digitalizada, en coherencia con los principios de la transformación digital impulsada por la Industria 4.0.

Tabla 4: Propuesta de hoja de ruta para la adopción de un sistema CMMS en el mantenimiento vehicular del sector público

Fase	Objetivo	Actividades clave	Responsable sugerido	Observaciones
1. Diagnóstico	Establecer la situación actual del mantenimiento y la flota.	- Análisis de fallas frecuentes. - Identificación de debilidades operativas.	Jefe del parque automotor, equipo técnico	Permite construir la línea base para la toma de decisiones.
2. Definición de requerimientos	Determinar qué características debe tener el CMMS a implementar.	- Selección de módulos funcionales. - Evaluación de compatibilidad con recursos existentes.	Coordinador técnico, apoyo de TI	Es clave para evitar sobrecarga tecnológica o herramientas innecesarias.
3. Capacitación del personal	Preparar al equipo para el uso efectivo del sistema	- Talleres introductorios. - Simulación de uso. - Resolución de dudas. - Carga de datos históricos.	Área de talento humano, soporte técnico	Debe adaptarse al nivel digital del personal operativo.
4. Implementación progresiva	Poner en marcha el sistema por fases.	- Registro de órdenes reales - Monitoreo del funcionamiento inicial. - Revisión de indicadores.	Jefe del parque, usuario clave del sistema	Se recomienda iniciar con funciones básicas y luego ampliar.
5. Evaluación y ajuste	Verificar el funcionamiento y realizar mejoras.	- Encuestas de uso. - Ajustes operativos del sistema.	Coordinador del proyecto, soporte técnico	Permite asegurar la sostenibilidad y continuidad del sistema.

Nota: La hoja de ruta presentada corresponde a una propuesta metodológica estructurada para orientar la implementación progresiva de sistemas CMMS en instituciones del sector público. Cada fase, actividad y responsable han sido definidos con base en buenas prácticas técnicas y pueden adaptarse según las capacidades, estructura organizativa y nivel de digitalización de cada entidad. Adaptado de Balachandran (2022); Espinosa (2022); León-Duarte & Martínez-Cadena (2024).

4. Conclusiones

La investigación permitió evidenciar que, en el contexto de los gobiernos locales de tamaño medio, la falta de planificación preventiva y de sistematización de los mantenimientos vehiculares limita gravemente la eficiencia operativa y aumenta los costos de servicio. El análisis comparativo de herramientas de la Industria 4.0, junto con la revisión de estudios similares, corroboró que el sistema CMMS constituye la alternativa más viable para optimizar la gestión de mantenimiento en municipios como Montecristi, gracias a su bajo costo, facilidad de implementación y

adaptabilidad a estructuras organizativas con recursos limitados.

La adopción de un CMMS no solo representa una mejora técnica en la programación de mantenimientos y en la trazabilidad de intervenciones, sino que impulsa una transformación progresiva hacia una gestión pública basada en datos, orientada a la eficiencia y la sostenibilidad. Estos resultados refuerzan la necesidad de promover estrategias de digitalización accesibles en el sector público local, y abren la posibilidad de futuras investigaciones que profundicen en modelos de implementación gradual y en la integración de tecnologías complementarias de la Industria 4.0.

Referencias

- Anguisaca, W., & Peñafiel, J. (2021). Propuesta para la implementación de un software para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV EP. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20680/1/UPS-CT009224.pdf>
- Ávila-Camacho, F. J., & Moreno-Villalba, L. M. (2023). Internet de las Cosas (IoT) Retos para las Empresas en la era de la Industria 4.0. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(20), 10-16. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9516>
- Balachandran, J. (2020). Definitive and comprehensive guide to implement CMMS software to realize maximum benefits. Maintwiz. <https://www.maintwiz.com/blog/a-comprehensive-guide-for-successful-cmms-implementation/>
- Barragán, X. (2022). Posmodernidad, gestión pública y tecnologías de la información y comunicación en la Administración pública de Ecuador. *Estado & Comunidades. Revista de Políticas y Problemas Públicos*, 1(14). https://doi.org/10.37228/estado_comunes.v1.n14.2022.244
- Berrezueta, J. (2021). Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar los niveles de disponibilidad de los equipos del taller mecánico del Gad Municipal de Gonzalo Pizarro. [Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2287?mode=full>
- Bustamante-Limones, A., Rodríguez-Borges, C., & Pérez-Rodríguez, J. A. (2024). Evaluación del uso de gemelos digitales en los sistemas de producción. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 12(3), 195-204. <https://doi.org/10.15649/2346030X.4382>
- Rodríguez-Borges, C., Arroyo, K., Pérez-Rodríguez, J., & Andrade-Cedeño, R. (2024). Metodología para la planificación estratégica de un parque ecoindustrial en Esmeraldas-Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 30(2), 274-290. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9603966>
- Cajías, P. R. (2025). Integración de inteligencia artificial para el diagnóstico predictivo de fallas mecánicas en vehículos de combustión interna: Enfoque integral. *Polo del Conocimiento*, 10(5), 2271-2289. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i5.9570>
- Cedillo, J., & Rivera, G. (2021). Desarrollo e Implementación de una herramienta informática para el mantenimiento de la Flota vehicular el GAD Municipal del Cantón Pasaje. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20464/1/UPS-CT009180.pdf>
- Doria Parra, A., López Benavides, L., Bonilla Ferrer, M., & Parra Cera, G. (2019). Metodología para la implementación de la gestión de riesgo en un sistema de gestión de calidad. *SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión*, 12(1), 123-135. <https://doi.org/10.15332/24631140.5424>
- Durán, B. (2024). Implementación de una plataforma internet de las cosas para el monitoreo de sensores en motores a inyección indirecta de gasolina en la Región de Puno. DSPACE. [Tesis de Grado. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Perú] <https://repositorio.uancv.edu.pe/items/482c11c1-e7d7-4307-9d1b-36af257a4af7>
- Espinosa, A. (2022). Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento con base en la norma ISO 9001. [Tesis de Postgrado. Universidad Andina Simón Bolívar] <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9209/1/T4031-MGCI-Espinosa-Propuesta.pdf>
- González-Hernández, I. J., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, 1-14. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e30.2750>
- Guillén, V. A. M., Pérez-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Borges, C. G. (2025). Análisis de metodologías empleadas en los sistemas de gestión energética y sus indicadores. *Revista Científica FINIBUS-Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 103-111. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/finibus/article/view/966>
- Jadán, C. I. (2023). Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Flota Vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón del Guabo. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24742/4/UPS-CT010495.pdf>
- León-Duarte, J. A., & Martínez-Cadena, G. F. (2024). Desarrollo de un plan de mantenimiento vehicular apoyado por un sistema de gestión asistido por ordenador. *Información Tecnológica*, 35(1), 23-32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642024000100023>
- López, L., & Guamán, R. (2015) Implementación de una gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) para la flota vehicular del GAD Municipal de Catamayo en la provincia de Loja. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7885/1/UPS-CT004734.pdf>
- Pillado, M., Castillo, V., & De La Riva, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento

preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218>

Salvador, L. E. (2022). Análisis, desarrollo e implementación de aplicativo web para la automatización del control de servicios automotrices, citas y pagos. Caso de estudio: Taller Automotriz “Guerrero Tires”. [Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/d4caba6a-bed2-41cd-b85c-b69f98613891>

Velarde, F., & Vásquez, N. (2021). Propuesta de implementación de estrategia de mantenimiento basado en condición con orientación a la industria 4.0. [Tesis de Postgrado. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas- Universidad Don Bosco]. <https://rd.udb.edu.sv/server/api/core/bitstreams/d369d242-9a51-4820-a240-7349e7517ee9/content>

Villamarín-Tapia, E., Pérez-Rodríguez, J., & Rodríguez-Borges, C. (2023). Solar panels as an energy saving alternative in the Monteverde maritime dock, Santa Elena, Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 4(1), e23012. <https://doi.org/10.51798/sijis.v4i1.623>

Zambrano-Castro, J. W., & Pérez-Guerrero, J. N. (2021). Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. 4(8 Ed. esp.), 96–116. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0053>

Contribución de los autores (CRediT)

Anchundia, J.: Conceptualización, Diseño de la investigación, Revisión bibliográfica, Análisis e interpretación de los datos, Redacción – borrador original del artículo, Preparación y edición del manuscrito. **Rodríguez-Borges, C.:** Revisión crítica del contenido, Diseño metodológico-Corrección de estilo, Supervisión académica, Revisión – edición del artículo. **Pérez-Rodríguez, J.:** Revisión crítica del contenido, Corrección de estilo, Supervisión académica, Revisión – edición del artículo.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica*

FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0