

Aplicación de gemelos digitales para la evaluación del rendimiento vehicular en tiempo real

Application of digital twins for real-time vehicle performance evaluation

Autores

Isaac Antonio Robalino Rizo

Universidad Internacional del Ecuador UIDE

Guayaquil – Ecuador

isrobalinori@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-0941-5223>

Cindy Melissa Loor Mero, Mgtr.

Universidad Internacional del Ecuador UIDE

Guayaquil - Ecuador

ciloorne@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6254-9694>

Como citar:

Cómo citar

Robalino Rizo, I. A., & Loor Mero, C. M. (2026). Aplicación de gemelos digitales para la evaluación del rendimiento vehicular en tiempo real. *Prosperus*, 3(2), 83-93. <https://doi.org/10.63535/5ye0by71>

Fecha de recepción:2026-02-07

Fecha de aceptación: 2026-03-07

Fecha de publicación:2026-04-08



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Resumen

Los gemelos digitales se han consolidado como una tecnología estratégica para la transformación digital del sector automotriz, especialmente en tareas vinculadas con monitoreo en tiempo real, simulación, mantenimiento predictivo y detección temprana de fallos. El objetivo de este artículo fue analizar la aplicación de los gemelos digitales en la evaluación del rendimiento vehicular en tiempo real, a partir de una revisión bibliográfica estructurada. Metodológicamente, el estudio se desarrolló con enfoque cualitativo y diseño documental, mediante la localización, selección y análisis comparativo de literatura académica pertinente. La búsqueda se realizó en bases de datos y repositorios académicos de acceso abierto reportados en el manuscrito base, empleando descriptores en español e inglés relacionados con Digital Twins, industria automotriz, monitoreo vehicular y mantenimiento predictivo. De un total de 45 registros identificados, se seleccionaron 8 documentos para el análisis final según criterios de pertinencia temática y disponibilidad de texto completo. Los resultados evidencian que los gemelos digitales favorecen la representación virtual dinámica de vehículos, componentes y procesos, permitiendo optimizar la toma de decisiones técnicas, anticipar anomalías y fortalecer la gestión operativa. No obstante, la literatura también muestra limitaciones asociadas con interoperabilidad de datos, complejidad de integración tecnológica, requerimientos computacionales y escasa validación empírica en condiciones reales de operación. Se concluye que los gemelos digitales constituyen una alternativa promisoría para la ingeniería automotriz contemporánea; sin embargo, su impacto depende de la calidad de los datos, la infraestructura digital disponible y la capacidad de integración entre sistemas físicos y virtuales.

Palabras clave: Gemelos Digitales; Rendimiento Vehicular; Monitoreo en Tiempo Real; Industria Automotriz; Mantenimiento Predictivo; Industria 4.0.



Abstract

Digital twins have emerged as a strategic technology for the digital transformation of the automotive sector, especially in tasks related to real-time monitoring, simulation, predictive maintenance, and early fault detection. This article aimed to analyse the application of digital twins in real-time vehicle performance assessment through a structured literature review. Methodologically, the study followed a qualitative documentary approach based on the identification, selection, and comparative analysis of relevant academic literature. The search was conducted in open-access databases and academic repositories reported in the source manuscript, using descriptors in Spanish and English related to digital twins, automotive industry, vehicle monitoring, and predictive maintenance. From a total of 45 identified records, 8 documents were selected for final analysis according to thematic relevance and full-text availability. The findings show that digital twins support the dynamic virtual representation of vehicles, components, and processes, enabling better technical decision-making, anomaly anticipation, and stronger operational management. However, the literature also reveals limitations related to data interoperability, technological integration complexity, computational requirements, and limited empirical validation under real operating conditions. It is concluded that digital twins represent a promising alternative for contemporary automotive engineering; nevertheless, their impact depends on data quality, available digital infrastructure, and the level of integration between physical and virtual systems.

Keywords: Digital Twins; Vehicle Performance; Real-Time Monitoring; Automotive Industry; Predictive Maintenance; Industry 4.0.



Introducción

La industria automotriz ha experimentado una transformación profunda durante las últimas décadas, al pasar de una lógica centrada principalmente en la mecánica a una configuración tecnológica compleja sustentada en electrónica, sistemas embebidos, sensorización, conectividad y análisis de datos. Esta evolución ha modificado la manera en que se comprende el rendimiento vehicular, pues ya no basta con observar el comportamiento físico del automóvil, sino que resulta necesario integrar variables de control, comunicación, monitoreo y predicción dentro de un mismo entorno analítico.

En este contexto, los gemelos digitales han cobrado creciente relevancia como una tecnología capaz de representar virtualmente activos físicos, procesos y sistemas mediante flujos de datos provenientes del entorno real. Su principal valor reside en que no constituyen una simple réplica estática, sino una representación dinámica capaz de simular, monitorear, diagnosticar y anticipar comportamientos bajo diferentes condiciones operativas. La literatura especializada los reconoce como una de las herramientas más representativas de la transformación digital industrial y de la convergencia entre sistemas físicos y virtuales.

En el sector automotriz, el uso de gemelos digitales resulta especialmente pertinente debido a la creciente complejidad estructural y funcional de los vehículos contemporáneos. La combinación de sensores, redes de datos, inteligencia artificial, sistemas de asistencia al conductor y plataformas de monitoreo abre nuevas posibilidades para evaluar el rendimiento en tiempo real, detectar fallos tempranos y optimizar decisiones de mantenimiento y operación. En consecuencia, los gemelos digitales se proyectan como una herramienta con alto potencial para fortalecer la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas vehiculares.

A pesar de dicho potencial, persisten vacíos en la literatura. Muchos estudios utilizan el concepto de gemelo digital de forma amplia, sin diferenciarlo de otras formas de modelado digital. Además, todavía son limitados los trabajos centrados específicamente en la evaluación del rendimiento vehicular en tiempo real en condiciones reales de operación. Por ello, se vuelve pertinente desarrollar una revisión crítica que sintetice los principales aportes, aplicaciones y limitaciones reportados por la literatura académica disponible.



En atención a lo anterior, el objetivo general de este estudio fue analizar la aplicación de los gemelos digitales en la evaluación del rendimiento vehicular en tiempo real. De manera específica, se buscó describir sus fundamentos conceptuales, identificar sus principales tecnologías habilitantes, examinar sus aplicaciones en el ámbito automotriz y discutir sus beneficios y desafíos técnicos.

El estudio se desarrolló desde un enfoque cualitativo, con diseño documental y alcance descriptivo-analítico, mediante una revisión bibliográfica estructurada. Se optó por esta modalidad porque el propósito principal no fue generar evidencia experimental propia ni efectuar metaanálisis, sino integrar y discutir críticamente la producción científica disponible sobre la aplicación de gemelos digitales al rendimiento vehicular en tiempo real.

La estrategia de búsqueda se fundamentó en el uso de descriptores en español e inglés relacionados con el objeto de estudio, entre ellos: “gemelos digitales”, “digital twins”, “rendimiento vehicular”, “monitoreo en tiempo real”, “industria automotriz”, “mantenimiento predictivo”, “IoT” y “detección de anomalías”. Estos términos se combinaron con operadores booleanos para ampliar o refinar los resultados. La consulta documental se realizó en bases de datos y repositorios académicos de acceso abierto reportados en el manuscrito original, tales como Elsevier, Semantic Scholar, SciELO, ResearchGate y repositorios universitarios.

Según el manuscrito base, la búsqueda inicial permitió identificar 45 registros. Posteriormente, se aplicó un proceso de tamizaje en función de la disponibilidad del texto completo, la pertinencia temática y la relación directa con los objetivos del estudio. Como resultado, se seleccionaron 8 documentos para el análisis final. Debido a que el material original no documentó protocolo registrado, evaluación formal del riesgo de sesgo ni revisión por pares entre evaluadores, el presente artículo se presenta metodológicamente como revisión estructurada y no como revisión sistemática formal.

Para el análisis de la información se empleó una lectura comparativa y categorial de los documentos incluidos. Los hallazgos fueron organizados en cuatro ejes temáticos: fundamentos conceptuales del gemelo digital, tecnologías habilitantes, aplicaciones automotrices y beneficios y limitaciones técnicas. Esta estrategia permitió articular una síntesis analítica del estado del tema y mantener coherencia entre el objetivo del estudio y la naturaleza de la evidencia disponible.



Fundamentos conceptuales de los Gemelos Digitales

La literatura revisada coincide en que el gemelo digital debe entenderse como una representación virtual dinámica de un sistema físico, actualizada a partir de datos reales y diseñada para apoyar actividades de simulación, monitoreo, diagnóstico y predicción. En este sentido, uno de los aportes más relevantes de la literatura especializada consiste en diferenciar entre modelo digital, sombra digital y gemelo digital, de acuerdo con el nivel de interacción e intercambio de información entre el sistema físico y su contraparte virtual. Esta distinción es fundamental porque evita el uso indiscriminado del término y delimita con mayor precisión su alcance tecnológico y analítico.

Bustamante-Limones et al. (2024) sostienen que los gemelos digitales favorecen la simulación de comportamientos, la predicción de fallos y la optimización de operaciones dentro de sistemas productivos. Esta perspectiva resulta trasladable al ámbito automotriz, donde la representación virtual de vehículos y componentes permite comprender el desempeño del sistema de forma más integral. En la misma línea, Liu et al. (2025) destacan que el gemelo digital constituye una tecnología habilitadora para la mejora de productos, procesos y sistemas de manufactura, lo que refuerza su pertinencia en escenarios de producción y evaluación automotriz.

Tecnologías habilitantes

La implementación de gemelos digitales depende de la articulación entre varias tecnologías complementarias. Entre ellas destacan los sensores, el Internet de las Cosas, los sistemas de adquisición de datos, las plataformas de almacenamiento y procesamiento, y los algoritmos de analítica avanzada o inteligencia artificial. La función de esta arquitectura tecnológica consiste en captar información del entorno físico, transferirla al entorno virtual, procesarla y generar salidas útiles para monitoreo, simulación o predicción.

La literatura revisada muestra que el Internet de las Cosas IoT desempeña un papel central, ya que posibilita el flujo continuo de datos provenientes de componentes vehiculares y de condiciones operativas. Estos datos pueden incluir temperatura, velocidad, presión, vibración, consumo energético y otras variables críticas para la evaluación del rendimiento. Al integrarse con modelos analíticos e inteligencia artificial, el gemelo digital refleja el estado



actual del sistema y también permite identificar patrones, anticipar anomalías y apoyar decisiones de mantenimiento.

No obstante, la efectividad de estos sistemas depende de la calidad, homogeneidad y sincronización de los datos. Cuando existen inconsistencias en la captura o transferencia de información, la fidelidad del gemelo digital se reduce, lo que afecta la validez de las simulaciones y la confiabilidad de las predicciones. Por esta razón, la interoperabilidad entre plataformas y la estandarización de datos aparecen como condiciones críticas para el despliegue exitoso de esta tecnología.

Aplicaciones en el campo automotriz

Las aplicaciones de los gemelos digitales en el sector automotriz pueden agruparse en tres niveles: componentes, vehículos y sistemas de manufactura. En el nivel de componentes, la literatura refiere usos relacionados con baterías, motores, sistemas de frenado, tren motriz, electrónica de potencia y monitoreo del estado del vehículo. En el nivel de vehículos completos, los gemelos digitales permiten construir entornos virtuales que integran múltiples subsistemas y facilitan la evaluación del rendimiento en tiempo real bajo diferentes condiciones operativas. En el nivel de manufactura, se reportan aplicaciones en ensamblaje, control de calidad, inspección dimensional, validación virtual y optimización de líneas de producción.

Verma et al. (2024), en una revisión centrada en vehículos eléctricos, muestran que el gemelo digital puede aplicarse al sistema de gestión de baterías, tren motriz, sistemas avanzados de asistencia, monitoreo de la salud del vehículo y electrónica de potencia. Estos hallazgos confirman que la utilidad del gemelo digital no se restringe a un único componente, sino que se extiende a la arquitectura vehicular completa. De forma complementaria, trabajos aplicados de desarrollo tecnológico y tesis de posgrado también evidencian su viabilidad en procesos de control, supervisión remota y simulación operacional.

Beneficios y limitaciones

Entre los beneficios más reiterados en la literatura destacan la mejora del monitoreo continuo, la detección temprana de fallos, el fortalecimiento del mantenimiento predictivo, la reducción de tiempos de validación y el apoyo a la toma de decisiones técnicas. Estos aportes resultan especialmente relevantes en contextos de alta complejidad operativa, donde la



anticipación de anomalías puede traducirse en mayor seguridad, continuidad funcional y eficiencia.

Sin embargo, los estudios revisados también reportan limitaciones importantes. Entre ellas sobresalen la complejidad de integración entre sistemas físicos y virtuales, la necesidad de datos confiables y en tiempo real, los altos requerimientos computacionales y la escasez de validaciones empíricas robustas en escenarios automotrices reales. En consecuencia, aunque la literatura sugiere un potencial considerable, dicho potencial no debe interpretarse como un efecto automático o universal, sino como una posibilidad condicionada por factores técnicos, organizacionales y contextuales.

Discusión de resultados

Los resultados de la revisión permiten afirmar que los gemelos digitales representan una evolución coherente con la transformación contemporánea del automóvil hacia un sistema tecnológico complejo. La transición desde un enfoque predominantemente mecánico hacia uno integrado por electrónica, software, datos y control inteligente exige nuevas herramientas analíticas capaces de representar esta complejidad. Desde esta perspectiva, los gemelos digitales no constituyen únicamente una innovación instrumental, sino una nueva forma de comprender el funcionamiento del sistema vehicular y de intervenir sobre él de manera predictiva.

Asimismo, la revisión evidencia que la relación entre gemelos digitales y rendimiento vehicular en tiempo real se sostiene principalmente sobre tres capacidades: monitoreo continuo, simulación dinámica y predicción de anomalías. Estas funciones amplían las posibilidades de la ingeniería automotriz, ya que permiten anticipar comportamientos antes de la ocurrencia de fallos físicos, reducir la dependencia de pruebas exclusivamente presenciales y fortalecer la toma de decisiones basada en datos.

En este mismo marco, se observa que parte de la literatura tiende a presentar beneficios de manera amplia o generalizada. Por ello, una lectura crítica obliga a matizar afirmaciones sobre incremento de eficiencia o reducción de costos, reconociendo que estos efectos dependen del diseño del sistema, la calidad del modelo, la infraestructura tecnológica y la madurez digital de cada organización. Este hallazgo es particularmente importante para evitar sobrestimaciones en trabajos de revisión bibliográfica.



Otro aspecto relevante es el valor metodológico de reconducir el manuscrito como revisión estructurada. Dado que el estudio no documenta exhaustivamente una estrategia de búsqueda reproducible ni una evaluación formal de calidad metodológica de los estudios incluidos, presentarlo como revisión sistemática estricta debilitaría su defensa editorial. En cambio, su fortaleza real radica en ofrecer una síntesis razonada, coherente y académicamente útil sobre un tema emergente y de alta pertinencia para la ingeniería automotriz.

Conclusiones

Los gemelos digitales constituyen una tecnología promisoría para la evaluación del rendimiento vehicular en tiempo real, debido a su capacidad para integrar representación virtual, monitoreo continuo, simulación dinámica y análisis predictivo dentro de un mismo entorno de operación.

La literatura revisada sugiere que sus principales aportes en el sector automotriz se concentran en la detección temprana de anomalías, el mantenimiento predictivo, la optimización de procesos y el fortalecimiento de la toma de decisiones técnicas. No obstante, estos beneficios deben interpretarse con cautela, ya que su efectividad depende de la calidad de los datos, la interoperabilidad entre sistemas, la capacidad computacional y el grado de madurez digital del contexto donde se implementan.

Se concluye también que el estudio del rendimiento vehicular contemporáneo exige enfoques interdisciplinarios que trasciendan la visión mecánica tradicional e incorporen electrónica, conectividad, analítica de datos e inteligencia computacional. En este escenario, los gemelos digitales emergen como una herramienta estratégica para la innovación automotriz y para el desarrollo de sistemas de supervisión más inteligentes y proactivos.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones incorporen estudios empíricos, validaciones experimentales y aplicaciones de campo en entornos vehiculares reales, con el fin de medir de forma más precisa el impacto de esta tecnología sobre variables como eficiencia operativa, confiabilidad, seguridad y costos de mantenimiento.



Referencias Bibliográficas

- Bustamante, A., Rodríguez, C., & Pérez, J. (1 de septiembre de 2024). Evaluación del uso de gemelos digitales en los sistemas de producción. *Revistas.UDES*. doi:doi: 10.15649/2346030X.4382.
- Castro, J., & Poveda, D. (marzo de 2024). Desarrollo del gemelo digital para una Máquina de Medición por Coordenadas (CMM). *Repositorio Universidad Distrital - Francisco José De Caldas*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/bea7dbf6-893f-42df-be51-da0082de58bc/content>
- Cuba, M. (2024). EL USO DE GEMELOS DIGITALES Y REALIDAD VIRTUAL COMO ACTUALIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL MANUAL. *Repositorio de la Universidad Autónoma de Querétaro*. Obtenido de <https://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/11363/1/IGMAC-317905.pdf>
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. . (2018). Digital twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. . *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016–1022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
- Lara, A. (2014). De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo El caso de los automóviles. *Contaduría y Administración*, 59(2). doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104214712537#bib0345>
- Lara, A. (2024). De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo El caso de los automóviles. *Contaduría y Administración*, 59(2). doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104214712537#bib0345>
- Liu, C., Huang, , L., Sun, X., & Yin, Y. (2022). A direct damage stability calculation method for an onboard loading computer. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(8), 1030. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(8). doi:<https://doi.org/10.3390/jmse10081030>
- Liu, H., Zhang, B., Wu, V., Yang, X., & Wang, L. . (2025). Review of digital twin in the automotive industry on products, processes and systems. . *International Journal of Automotive Manufacturing and Materials*, 4(1). doi:<https://doi.org/10.53941/>



Porter, M. (1987). *Estrategias*. México: Person Educación.

Rodríguez, W. (22 de julio de 2022). Integración de un sistema de control de procesos tipo gemelo digital para industrias agroalimentarias. *Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo*. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/64198>

Verma, S., Sharma, A., Tran, B., & Alahakoon, D. (octubre de 2024). Una revisión sistemática de gemelos digitales para vehículos eléctricos. *Revista de Ingeniería de Tráfico y Transporte*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2024.04.004>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

