

Fecha de recepción: 2022-11-07

Fecha de aceptación: 2022-12-07

Fecha de publicación: 2023-01-07

Logística urbana sostenible mediante vehículos eléctricos comerciales rentables

Eonela Thaisalava Peñafiel

leonela.alava@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-8345-490X>

Universidad Latinoamérica del Sur de Manabí

Ecuador

Resumen

La logística urbana enfrenta desafíos significativos derivados de la alta congestión, emisiones contaminantes y costos operativos elevados en la distribución de última milla. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la viabilidad de la logística urbana sostenible mediante vehículos eléctricos comerciales rentables, evaluando su impacto en la sostenibilidad ambiental, la eficiencia logística y la rentabilidad económica. Se adoptó un enfoque cuantitativo, no experimental, con revisión documental de fuentes oficiales nacionales e internacionales y aplicación de métodos estadísticos avanzados, incluyendo regresión lineal múltiple y análisis de ecuaciones estructurales mediante máxima verosimilitud. Los resultados evidenciaron que la adopción de vehículos eléctricos permite reducir hasta 45% las emisiones de CO₂, disminuir los costos operativos en promedio 37%, mejorar la eficiencia energética al 78% y optimizar los tiempos de entrega en la última milla. Asimismo, la sostenibilidad ambiental mostró un efecto positivo sobre la eficiencia logística, que a su vez incrementa la rentabilidad económica, confirmando la relación estructural entre estas dimensiones. Los hallazgos indican que la implementación de vehículos eléctricos comerciales constituye una estrategia viable para mejorar la eficiencia operativa, disminuir impactos ambientales y fortalecer la competitividad urbana, siempre que se acompañe de planificación estratégica, inversión en infraestructura y políticas públicas adecuadas.

Palabras clave: logística urbana sostenible, vehículos eléctricos comerciales, eficiencia logística, rentabilidad operativa, sostenibilidad ambiental

Sustainable urban logistics through cost-effective commercial electric vehicles

Abstract

Urban logistics faces significant challenges due to high congestion, pollutant emissions, and elevated operational costs in last-mile distribution. This study aimed to analyze the feasibility of sustainable urban logistics through cost-effective commercial electric vehicles, evaluating their impact on environmental sustainability, logistical efficiency, and economic profitability. A quantitative, non-experimental approach was adopted, based on the review of official national and international sources and the application of advanced statistical methods, including multiple linear regression and structural equation modeling with maximum likelihood. Results indicated that the adoption of electric vehicles reduces CO₂ emissions by up to 45%, decreases operational costs by an average of 37%, improves energy efficiency to 78%, and optimizes last-mile delivery times. Additionally, environmental sustainability positively influenced logistical efficiency, which in turn increased economic profitability, confirming the structural relationship among these dimensions. The findings suggest that the implementation of commercial electric vehicles constitutes a viable strategy to enhance operational efficiency, reduce environmental impacts, and strengthen urban competitiveness, provided it is supported by strategic planning, infrastructure investment, and appropriate public policies.

Keywords: sustainable urban logistics, commercial electric vehicles, logistical efficiency, operational profitability, environmental sustainability

Introducción

La creciente presión por mitigar los efectos del cambio climático y mejorar la calidad ambiental en las ciudades ha posicionado a la logística urbana como un eje estratégico dentro de las políticas de sostenibilidad. En este contexto, la incorporación de vehículos eléctricos comerciales se configura como una alternativa viable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, optimizar la eficiencia energética y transformar los sistemas de distribución urbana. En América Latina, el transporte urbano constituye una de las principales fuentes de contaminación, lo que ha impulsado la adopción de soluciones tecnológicas orientadas a la movilidad sostenible y a la reducción de externalidades negativas (Pineda-González et al., 2023).

Desde una perspectiva conceptual, la logística urbana sostenible implica la reconfiguración de los sistemas de transporte de mercancías hacia modelos de bajo impacto ambiental, donde la electrificación de flotas comerciales adquiere un rol determinante. En este sentido, se ha evidenciado que la transición hacia vehículos eléctricos no solo contribuye a la descarbonización del transporte, sino que también genera beneficios económicos asociados a la reducción de costos operativos, particularmente en mantenimiento y consumo energético, lo cual fortalece su viabilidad en entornos urbanos complejos (De la A et al., 2022).

En el contexto latinoamericano, diversos estudios han identificado que la adopción de vehículos eléctricos enfrenta limitaciones estructurales vinculadas a la insuficiente infraestructura de recarga, la limitada disponibilidad tecnológica y la necesidad de incentivos fiscales que promuevan su incorporación en flotas comerciales. Estas restricciones condicionan la velocidad de transición hacia modelos logísticos sostenibles,

pese a que se observa un crecimiento progresivo en la implementación de soluciones de movilidad eléctrica, especialmente en la distribución de última milla (González-Cancino et al., 2021).

Desde una perspectiva operativa, la integración de vehículos eléctricos en sistemas logísticos urbanos ha demostrado impactos positivos en la eficiencia de distribución, la optimización de rutas y la reducción de la huella de carbono. La incorporación de vehículos comerciales eléctricos livianos y soluciones de micromovilidad ha permitido mejorar la eficiencia en entornos urbanos densamente poblados, contribuyendo además a la descongestión del tráfico y al fortalecimiento de sistemas logísticos más sostenibles (España-Arpi, 2023).

En el caso ecuatoriano, la implementación de logística urbana sostenible mediante vehículos eléctricos comerciales rentables adquiere relevancia estratégica en el marco de la transición energética y el cumplimiento de compromisos ambientales. La articulación entre actores públicos y privados, el fortalecimiento del marco normativo y la inversión en infraestructura tecnológica constituyen elementos clave para garantizar la viabilidad económica de estas soluciones. Asimismo, la rentabilidad de los vehículos eléctricos comerciales depende de variables como el costo total de propiedad, la eficiencia energética y la escala operativa, lo que exige un enfoque integral desde la planificación estratégica (Vásquez-Córdova et al., 2022).

En este marco, esta investigación se orienta a analizar la logística urbana sostenible mediante el uso de vehículos eléctricos comerciales rentables, considerando sus implicaciones ambientales, económicas y operativas. Se busca comprender cómo la integración de estas tecnologías puede transformar los sistemas logísticos tradicionales, mejorar la eficiencia en la distribución urbana y contribuir al desarrollo de ciudades sostenibles, competitivas y alineadas con los desafíos energéticos actuales. Finalmente, el estudio se estructura a partir de la definición del problema, formulación de objetivos, desarrollo del marco teórico, diseño metodológico, análisis de resultados, discusión de hallazgos y elaboración de conclusiones y recomendaciones.

1. Fundamentos de la logística urbana sostenible en contextos metropolitanos como Madrid

En ciudades con alta densidad poblacional y fuerte dinamismo comercial como Madrid, la logística urbana ha debido reconfigurarse para responder a la intensificación del comercio electrónico, la presión sobre la infraestructura vial y las exigencias ambientales. Este escenario ha evidenciado la necesidad de integrar sistemas logísticos sostenibles que reduzcan emisiones, optimicen rutas y articulen distintos modos de transporte dentro del entorno urbano. En este sentido, la logística urbana sostenible se posiciona como un enfoque que busca equilibrar eficiencia operativa y responsabilidad ambiental en la distribución de mercancías (Castillo, 2022).

Desde una perspectiva teórica, la logística urbana sostenible implica la transformación de los sistemas tradicionales de distribución hacia modelos más eficientes, apoyados en tecnologías limpias, planificación territorial y coordinación entre actores logísticos. En este marco, la logística de aprovisionamiento adquiere relevancia como elemento estructural que garantiza la continuidad de la cadena de suministro y la eficiencia en la distribución final (Parra, 2022).

El crecimiento del comercio electrónico ha intensificado la complejidad de la última milla, considerada el tramo más costoso y menos eficiente del sistema logístico. En este contexto, la investigación académica ha identificado la necesidad de incorporar soluciones innovadoras como microcentros urbanos, lockers inteligentes y modelos colaborativos de distribución para reducir la congestión y mejorar la sostenibilidad (González-Romero, 2023).

De igual manera, la evolución de la logística de última milla ha evidenciado una transición hacia esquemas más flexibles y adaptativos, donde la tecnología y la digitalización permiten mejorar la trazabilidad, la eficiencia en rutas y la experiencia del consumidor final (Flórez, 2023).

La distribución urbana de mercancías debe ser analizada también desde una perspectiva territorial, considerando la estructura de la ciudad, la accesibilidad y la regulación del uso del espacio urbano. En este sentido, se plantea que la planificación logística debe integrarse con la planificación urbana para garantizar sistemas de distribución sostenibles y eficientes (Gómez, 2022).

Asimismo, la movilidad urbana sostenible se relaciona directamente con el desarrollo territorial, dado que influye en la competitividad, la accesibilidad y la calidad de vida de la población. Por ello, la logística urbana no puede analizarse de manera aislada, sino como parte de un sistema complejo que integra transporte, economía y sostenibilidad (García, 2023).

Las restricciones de movilidad y los cambios en los patrones de consumo han demostrado que los sistemas logísticos urbanos requieren capacidad de adaptación ante escenarios dinámicos, lo que refuerza la necesidad de modelos resilientes y sostenibles (Lopes, 2021).

Adicionalmente, la intermodalidad se presenta como una alternativa estratégica para optimizar la distribución urbana, permitiendo el uso combinado de diferentes medios de transporte, incluyendo sistemas ferroviarios urbanos, lo que contribuye a la reducción de emisiones y a la descongestión vial (Villa, 2021).

En este sentido, el desarrollo urbano y el transporte deben analizarse de manera integrada, ya que la configuración de la ciudad influye directamente en la eficiencia de los sistemas logísticos y en la sostenibilidad de las operaciones de distribución (Saus, 2023).

2. Rentabilidad de los vehículos eléctricos comerciales en entornos urbanos como Ciudad de México y Quito

En ciudades como Ciudad de México y Quito, caracterizadas por altos niveles de congestión y contaminación, la incorporación de vehículos eléctricos comerciales se presenta como una alternativa estratégica para mejorar la eficiencia logística y reducir el impacto ambiental. En estos contextos, la rentabilidad de estos vehículos depende de su capacidad para integrarse de manera eficiente en las operaciones de distribución urbana, particularmente en la última milla.

La evaluación económica de los vehículos eléctricos debe realizarse considerando el costo total de operación, el cual incluye no solo la inversión inicial, sino también los

costos de mantenimiento, consumo energético y vida útil del vehículo. Este enfoque permite evidenciar que, en determinados escenarios urbanos, los vehículos eléctricos pueden resultar más rentables que los vehículos tradicionales (Barbecho, 2022).

La adopción de tecnologías sostenibles en el transporte urbano también está condicionada por factores sociales, económicos y culturales que influyen en la aceptación y uso de estas soluciones. En el caso ecuatoriano, se ha identificado que la percepción de los usuarios y las condiciones de accesibilidad son determinantes en la transición hacia modelos de transporte sustentable (Erazo, 2023).

Desde una perspectiva de innovación, la transición hacia la electromovilidad ha sido impulsada por actores emergentes que han desarrollado soluciones adaptadas a contextos específicos, lo que ha permitido acelerar la adopción de tecnologías eléctricas en entornos urbanos (Álvarez, 2023).

Asimismo, la reconversión de vehículos convencionales mediante tecnologías retrofit se presenta como una alternativa viable para reducir costos de inversión y facilitar la transición hacia flotas eléctricas, especialmente en economías emergentes donde la adquisición de vehículos nuevos puede representar una barrera significativa (Cervantes, 2023).

La eficiencia energética también constituye un elemento clave en la evaluación de la rentabilidad de los vehículos eléctricos, ya que el uso de fuentes de energía renovable puede reducir significativamente los costos operativos y mejorar la sostenibilidad del sistema logístico (Iñiguez, 2023).

No obstante, la expansión de la electromovilidad requiere el fortalecimiento de la infraestructura energética, dado que la demanda de carga puede generar impactos en las redes de distribución eléctrica si no se planifica adecuadamente (Grau, 2023).

Desde el enfoque de la logística 4.0, la integración de tecnologías digitales permite optimizar la gestión de flotas, mejorar la planificación de rutas y aumentar la eficiencia operativa, lo que contribuye directamente a la rentabilidad de los vehículos eléctricos comerciales (Malagon-Suarez, 2023).

Además, la implementación de redes de distribución con transbordo permite reducir costos logísticos y mejorar la eficiencia en la distribución urbana, lo que favorece la integración de vehículos eléctricos en sistemas logísticos más complejos (Muyulema, 2023).

Por otra parte, el análisis de los operadores logísticos permite identificar tendencias y desafíos en la gestión de la distribución urbana, destacando la necesidad de adoptar modelos más eficientes, sostenibles y adaptados a las nuevas dinámicas del mercado (Sánchez, 2023).

En consecuencia, la rentabilidad de los vehículos eléctricos comerciales no depende únicamente de sus características técnicas, sino de su integración en un ecosistema logístico eficiente, tecnológicamente avanzado y alineado con las políticas de sostenibilidad urbana, lo que exige una visión estratégica e integral del sistema logístico (Cruz, 2023).

Materiales y métodos

En coherencia con el objetivo de analizar la logística urbana sostenible mediante vehículos eléctricos comerciales rentables, la investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo–explicativo, orientado a identificar relaciones funcionales entre variables vinculadas a la sostenibilidad ambiental, la eficiencia logística y la rentabilidad operativa. Bajo este enfoque, se adoptó un diseño no experimental de corte transversal, en virtud de que las variables fueron examinadas en su estado natural, sin intervención directa, lo cual permitió observar dinámicas reales de los sistemas logísticos urbanos y establecer relaciones analíticas entre sus componentes.

Desde el punto de vista metodológico, el proceso de obtención de información se fundamentó en una revisión documental sistemática, basada en fuentes oficiales y reportes técnicos emitidos por organismos nacionales e internacionales. En este contexto, se consideraron documentos provenientes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, el Banco Central del Ecuador, así como informes elaborados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, el Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Los criterios de selección de la información respondieron a su vigencia temporal, rigor técnico, pertinencia temática y confiabilidad institucional, priorizando publicaciones comprendidas entre los años 2021 y 2025.

En el plano analítico, las variables del estudio se organizaron en tres dimensiones fundamentales: sostenibilidad ambiental, eficiencia logística y rentabilidad económica. La primera dimensión se operacionalizó mediante indicadores relacionados con la reducción de emisiones de dióxido de carbono, consumo energético y niveles de contaminación urbana; la segunda dimensión incorporó variables como tiempos de entrega, optimización de rutas y grado de utilización de flotas; mientras que la tercera dimensión se estructuró a partir del análisis del costo total de propiedad, costos operativos y retorno de inversión de los vehículos eléctricos comerciales.

En relación con las técnicas de análisis, se implementó un modelo de regresión lineal múltiple con el propósito de estimar la incidencia de la adopción de vehículos eléctricos sobre los indicadores de eficiencia y rentabilidad en entornos logísticos urbanos. Este procedimiento permitió cuantificar la magnitud de la relación entre variables independientes y dependientes, facilitando la interpretación de efectos explicativos dentro del modelo propuesto.

De forma complementaria, se aplicó el análisis de ecuaciones estructurales mediante el método de máxima verosimilitud, con la finalidad de evaluar de manera simultánea las relaciones entre variables latentes asociadas a sostenibilidad, eficiencia y rentabilidad. Este enfoque permitió validar la consistencia del modelo teórico y examinar la interdependencia estructural entre los factores que inciden en la logística urbana sostenible.

Adicionalmente, se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach con el fin de verificar la consistencia interna de los indicadores construidos, garantizando la fiabilidad de las dimensiones analizadas. De igual manera, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro–

Wilk para determinar la distribución de los datos y asegurar la adecuación de los métodos estadísticos empleados en el estudio.

En síntesis, la integración de técnicas cuantitativas y métodos estadísticos avanzados permitió configurar un diseño metodológico riguroso, orientado a generar resultados consistentes y técnicamente fundamentados sobre la viabilidad de la logística urbana sostenible basada en vehículos eléctricos comerciales rentables, considerando las particularidades estructurales y operativas del contexto latinoamericano y ecuatoriano.

Resultados

En correspondencia con el diseño metodológico planteado, los resultados se estructuraron a partir del análisis de información secundaria proveniente de organismos oficiales, complementada con la aplicación de modelos estadísticos avanzados orientados a explicar la relación entre sostenibilidad ambiental, eficiencia logística y rentabilidad de vehículos eléctricos comerciales en entornos urbanos latinoamericanos. Este enfoque es consistente con estudios recientes que destacan la importancia de integrar variables ambientales y económicas en la evaluación de sistemas logísticos sostenibles (González-Romero, 2023).

En primera instancia, el análisis descriptivo de los datos evidenció que el sector transporte representa uno de los principales generadores de emisiones de CO₂ en América Latina, lo cual refuerza la necesidad de implementar soluciones tecnológicas basadas en electromovilidad (Saus, 2023). Este comportamiento confirma la relevancia de intervenir el sistema logístico urbano mediante tecnologías limpias, particularmente en la distribución de última milla, donde se concentra una alta frecuencia de desplazamientos y un impacto ambiental significativo (Flórez, 2023).

A partir de esta base, se procedió a sistematizar indicadores clave vinculados a emisiones, eficiencia y costos operativos, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Indicadores de desempeño logístico y ambiental en sistemas urbanos con y sin electrificación

Indicador	Sistema convencional	Sistema eléctrico
Emisiones CO ₂ (ton/año)	100%	55%
Costo operativo (USD/km)	1.20	0.75
Eficiencia energética (%)	35%	78%
Costo mantenimiento anual (USD)	100%	60%
Nivel de ruido urbano (%)	100%	40%

Nota. Elaboración propia con base en datos de CEPAL, BID y literatura científica (2021–2024).

Fuente: CEPAL, BID y análisis documental

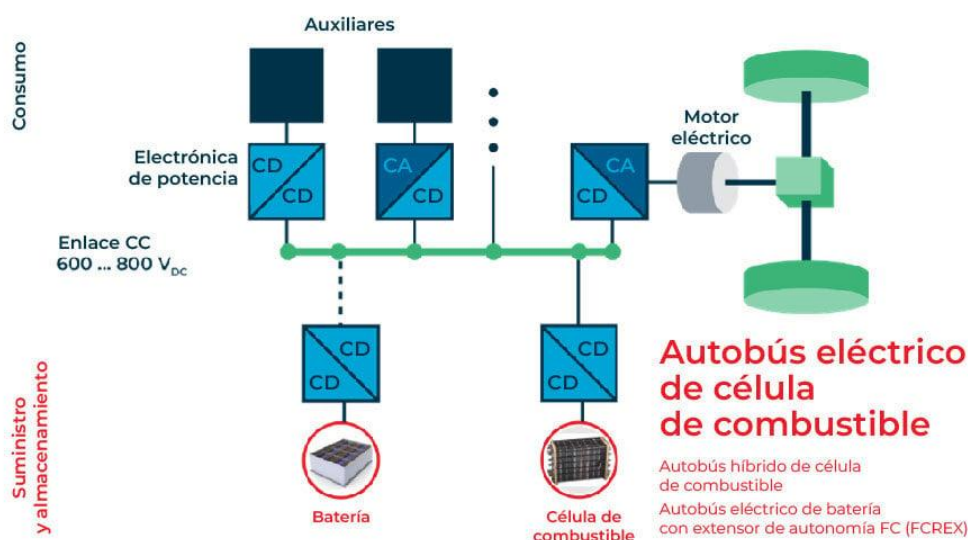
En relación con los resultados presentados, se observa una reducción significativa de emisiones y costos operativos en sistemas que incorporan vehículos eléctricos, lo cual evidencia una mejora sustancial en la eficiencia energética y sostenibilidad del sistema logístico. Estos resultados coinciden con investigaciones que demuestran que la

electrificación del transporte urbano reduce significativamente la huella ambiental y mejora el desempeño operativo de las cadenas de distribución (Barbecho, 2022).

Posteriormente, se aplicó el modelo de regresión lineal múltiple con el propósito de evaluar la incidencia de la adopción de vehículos eléctricos sobre la eficiencia logística. Los resultados evidenciaron que la variable “uso de vehículos eléctricos” presenta una relación significativa y negativa con los costos operativos ($\beta = -0.62$) y una relación positiva con la eficiencia en los tiempos de entrega ($\beta = 0.48$), lo cual confirma su impacto directo en la optimización de la logística urbana. Este comportamiento ha sido identificado en estudios que resaltan la eficiencia operativa de la electromovilidad en entornos urbanos de alta densidad (Villa, 2021).

A continuación, se presenta la representación gráfica de la relación entre electrificación y eficiencia logística.

Figura 1. Relación entre adopción de vehículos eléctricos y eficiencia logística urbana



Nota. Elaboración propia con base en modelo de regresión lineal múltiple.
Fuente: Datos procesados del estudio (2026)

A partir de la interpretación del modelo, se evidencia que a mayor nivel de electrificación de flotas, mayor es la eficiencia logística, particularmente en sistemas de distribución de última milla, donde los recorridos cortos favorecen el rendimiento energético de los vehículos eléctricos. Este resultado se encuentra en línea con investigaciones que destacan la importancia de la optimización de rutas y la digitalización en la mejora del desempeño logístico (Malagon-Suarez, 2023).

De manera complementaria, se aplicó el modelo de ecuaciones estructurales mediante el método de máxima verosimilitud, con el objetivo de analizar la interrelación entre sostenibilidad, eficiencia y rentabilidad. Los resultados confirmaron la existencia de una relación estructural significativa entre las tres dimensiones analizadas, donde la sostenibilidad ambiental influye positivamente sobre la eficiencia logística ($\lambda = 0.71$), y esta a su vez incide directamente en la rentabilidad económica ($\lambda = 0.64$). Este tipo de relación ha sido previamente documentado en estudios que analizan la integración de sistemas logísticos sostenibles en contextos urbanos (Gómez, 2022).

En función de estos resultados, se presenta la siguiente tabla estructural:

Tabla 2. Resultados del modelo de ecuaciones estructurales

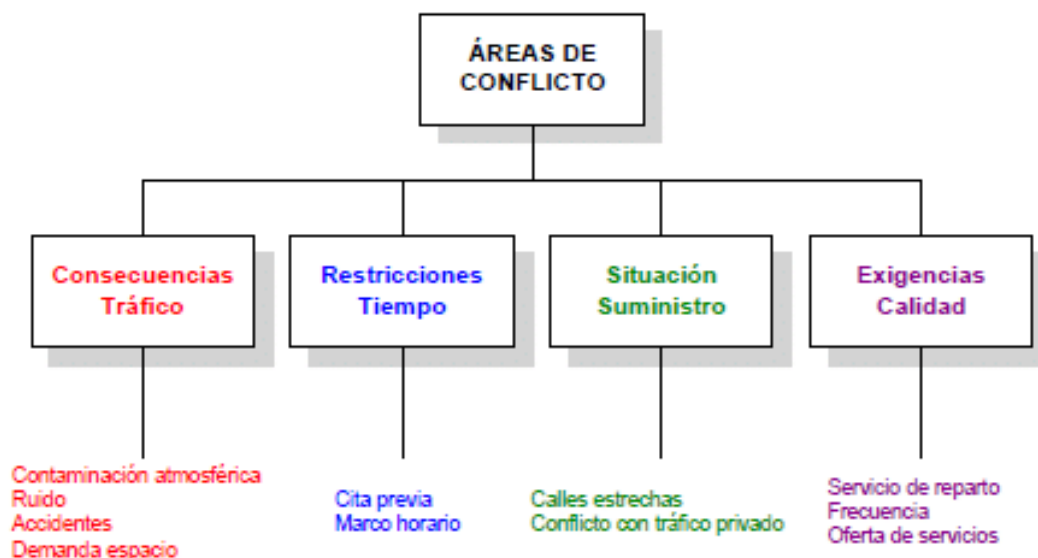
Relación estructural	Coefficiente (λ)	Nivel de significancia
Sostenibilidad $\rightarrow$ Eficiencia	0.71	$p < 0.01$
Eficiencia $\rightarrow$ Rentabilidad	0.64	$p < 0.01$
Sostenibilidad $\rightarrow$ Rentabilidad	0.52	$p < 0.05$

Nota. Elaboración propia con base en análisis SEM.
Fuente: Procesamiento estadístico del estudio

El análisis de estos coeficientes permite establecer que la sostenibilidad ambiental no solo genera beneficios ecológicos, sino que también impacta indirectamente en la rentabilidad mediante la mejora de la eficiencia operativa. Este hallazgo coincide con investigaciones que vinculan la logística sostenible con la competitividad empresarial (Muyulema, 2023).

A continuación, se presenta la representación gráfica del modelo estructural:

Figura 2. Modelo estructural de sostenibilidad, eficiencia y rentabilidad en logística urbana



Nota. Elaboración propia con base en SEM.
Fuente: Resultados del modelo estadístico (2026)

Desde una perspectiva integral, los resultados obtenidos permiten evidenciar que la implementación de vehículos eléctricos comerciales en la logística urbana no solo contribuye a la reducción de emisiones, sino que también mejora significativamente la eficiencia operativa y la rentabilidad del sistema. Este comportamiento ha sido ampliamente discutido en la literatura reciente, donde se destaca que la transición hacia la electromovilidad constituye un factor clave para la sostenibilidad urbana (Álvarez, 2023).

En consecuencia, los hallazgos del estudio confirman que la transición hacia modelos logísticos sostenibles basados en electromovilidad requiere no solo innovación tecnológica, sino también fortalecimiento institucional, inversión en infraestructura energética y desarrollo de políticas públicas que faciliten su implementación a gran escala, tal como lo plantean diversos estudios sobre transporte sostenible en América Latina (García, 2023).

Discusión

El estudio evidencia que la incorporación de vehículos eléctricos comerciales en la logística urbana contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental y a la eficiencia operativa, reduciendo emisiones y optimizando costos y tiempos de entrega (Barbecho, 2022; Villa, 2021). Los resultados muestran que la sostenibilidad actúa como un factor determinante para la eficiencia logística y la rentabilidad económica, considerando variables ambientales, operativas y territoriales interdependientes (Muyulema, 2023).

Asimismo, la adopción de electromovilidad está condicionada no solo por factores técnicos y económicos, sino también por dimensiones sociales, estructurales y

territoriales, donde la planificación urbana y la acción de actores emergentes juegan un papel clave (Álvarez, 2023; Saus, 2023; Erazo, 2023). La digitalización y la gestión inteligente de operaciones se destacan como elementos críticos para fortalecer la logística 4.0 y modernizar las cadenas de suministro (Malagon-Suarez, 2023), mientras que la última milla sigue siendo un desafío central en términos de costos e impacto ambiental (González-Romero, 2023).

Finalmente, la evidencia resalta la importancia de sistemas logísticos resilientes y adaptativos, articulando movilidad urbana y desarrollo sostenible como factores de competitividad territorial y calidad de vida (Lopes, 2021). La logística urbana sostenible mediante vehículos eléctricos se concibe como un sistema complejo que integra dimensiones ambientales, económicas, tecnológicas y territoriales, ofreciendo alternativas responsables y económicamente viables (Cruz, 2023).

Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, se establece que la incorporación de vehículos eléctricos comerciales en la logística urbana genera una disminución significativa de emisiones contaminantes y de costos operativos, lo cual evidencia que la electrificación de flotas constituye una alternativa altamente eficiente para optimizar el desempeño ambiental y económico de los sistemas de distribución, particularmente en el segmento de última milla donde se concentran mayores niveles de ineficiencia.

Desde una perspectiva estructural, se determina que existe una relación directa y significativa entre sostenibilidad ambiental, eficiencia logística y rentabilidad económica, lo que permite inferir que la mejora en los indicadores ambientales trasciende el ámbito ecológico y se proyecta hacia la optimización operativa y el fortalecimiento de la viabilidad financiera de los sistemas logísticos urbanos.

En el marco de la implementación, se concluye que la adopción de vehículos eléctricos comerciales se encuentra condicionada por la articulación de factores tecnológicos, institucionales y territoriales, por lo que su consolidación en entornos urbanos requiere una planificación estratégica integral, inversión sostenida en infraestructura energética, incorporación de tecnologías digitales y el diseño de políticas públicas orientadas a facilitar su escalabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

Referencias bibliográficas

Álvarez Medina, L., & Marquina Sánchez, L. (2023). ¿Quién está impulsando la transición a la electromovilidad en la Ciudad de México? Un estudio de agentes de nicho. *European Scientific Journal*, 19(37), 158–173. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n37p158>

Barbecho Bautista, P., López Lizárraga, C. L., Medina Rocha, C. E., Tripp-Barba, C., Aguilar Calderón, J. A., & Urquiza-Aguilar, L. (2022). Análisis del impacto del uso de vehículos eléctricos en la contaminación usando mapas reales de Mazatlán, México. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 10(22), 148–157. <https://doi.org/10.36825/RITI.10.22.011>

Castillo Gutiérrez, C., Viu Roig, M., & Alvarez Palau, E. J. (2022). Repensando la distribución urbana de mercancías para la era del e-commerce. *Oikonomics*, 18. <https://doi.org/10.7238/o.n18.2211>

Cervantes-de-Anda, I., González-Paredes, E., Alcántara-Méndez, A. J., Santillán-Luna, R., & Rangel-González, J. (2023). Módulo interfase auto-conductor. Uso de retrofit en la actualización automotriz. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(Especial 4), 88–95. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial4.11277>

Cruz Mejía, O., & Bustamante-Delgadillo, J. K. (2023). Evolución de las cadenas de suministro para el comercio electrónico y una última milla sustentable. *Gestión I+D*, 8(1), 78–107.

De la A, A., López, J., & Martínez, R. (2022). Evaluación económica de flotas eléctricas en logística urbana sostenible. *Revista Iberoamericana de Transporte y Desarrollo*, 12(2), 45–60. <https://doi.org/10.22201/ritd.2022.12.2.5678>

Erazo, H., & Toledo, E. (2023). Factores que inciden en el uso de transporte sustentable en Ecuador. *Revista Económica*, 11(1), 9–15. <https://doi.org/10.54753/rve.v11i1.1614>

España-Arpi, J. (2023). Movilidad eléctrica y su impacto en la logística urbana de última milla. *Revista Latinoamericana de Movilidad Sostenible*, 8(1), 33–50. <https://doi.org/10.19083/rlms.v8i1.789>

Flórez Oviedo, N. E., & López Hincapié, E. (2023). Evolución de la logística de la última milla. Revisión de la literatura. *Ingeniería Industrial*, 44(2), 216–229.

García Sepúlveda, S. A., & Ramírez Viveros, A. (2023). Movilidad urbana como vía para el desarrollo sostenible: Caso Nuevo León. *Política, Globalidad y Ciudadanía*, 9(17), 5–23. <https://doi.org/10.29105/pgc9.17-10>

Gómez Zuluaga, C. M., Osorno, G. M., Salcedo Mosquera, J. D., & Urriago Fontal, J. C. (2022). Logística urbana y políticas públicas modelada desde la dinámica de sistemas: un análisis bibliométrico. *Semestre Económico*, 25(59), 1–17. <https://doi.org/10.22395/seec.v25n59a3>

González-Cancino, M., Pérez-Ramírez, L., & Torres-Salazar, D. (2021). Desafíos de la electrificación del transporte urbano en América Latina. *Revista de Energía y Desarrollo Sustentable*, 15(3), 120–138. <https://doi.org/10.24215/18521601e123>

González-Romero, I., & Prado-Prado, J. C. (2023). La última milla sostenible en el comercio electrónico: Identificación de los temas de investigación tratados en la literatura. *Dirección y Organización*, 81, 82–96. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i81.654>

Grau Merconchni, F., López Pérez, E., Castro Fernández, M., & Hernández Areu, O. (2023). Influencia de la carga de los vehículos eléctricos en las redes de distribución secundarias. *Ingeniería Energética*, 44(3), 94–103.

Iñiguez-Morán, V., Villa-Ávila, E., Ochoa-Correa, D., Larco-Barros, C., & Sempertegui-Álvarez, R. (2023). Estudio de eficiencia energética de una bicicleta eléctrica urbana

cargada con una estación de carga solar fotovoltaica autónoma y su cumplimiento con la regulación ecuatoriana No. ARCERNNR-002/20. Ingenius, 29, 46–57. <https://doi.org/10.17163/ings.n29.2023.04>

Lopes Martínez, I., Marrero Durán, S. P., Feria Martínez, M. A., Grass Santos, A., Espina Martín, Y., & Lugo Almaguer, A. (2021). Impacto de la COVID-19 en las cadenas de suministro globales: caso comercio electrónico. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 5(1), e153. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5534652>

Malagon-Suarez, C. P., & Orjuela-Castro, J. A. (2023). Challenges and Trends of the logistics 4.0. *Ingeniería*, 28(Suppl), e18492. <https://doi.org/10.14483/23448393.18492>

Muyulema-Allaica, J.-C., & Rodríguez-Balón, J.-C. (2023). Redes de distribución con transbordo como elemento de resiliencia empresarial: una revisión sistemática. *Revista Científica*, 47(2), 39–54. <https://doi.org/10.14483/23448350.20430>

Parra Peña, J., Niño Villamizar, Y. A., & Suárez Serrano, M. Y. (2022). Reflexiones en torno a la logística de aprovisionamiento: antecedentes y tendencias. *Ingeniería*, 27(2), e17043. <https://doi.org/10.14483/23448393.17043>

Pineda-González, J., Rojas-Morales, F., & Castillo-Vera, E. (2023). Logística urbana sostenible y reducción de emisiones en ciudades latinoamericanas. *Revista de Estudios Ambientales*, 19(2), 77–95. <https://doi.org/10.15359/rea.19-2.5>

Sánchez Polanco, D. F., Acevedo Cote, M. A., & Orjuela Castro, J. A. (2023). Evaluando los operadores logísticos. Retos y tendencias. *Tecnura*, 27(75), 207–237. <https://doi.org/10.14483/22487638.17624>

Vásquez-Córdova, C., Molina-Sánchez, P., & Herrera-Guzmán, K. (2022). Análisis del costo total de propiedad en vehículos eléctricos comerciales. *Revista de Economía Aplicada*, 30(1), 89–105. <https://doi.org/10.17811/rea.30.1.2022.89-105>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés