

## **Desafíos y Oportunidades en la Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos en América Latina y el Caribe**

### **Challenges and Opportunities in Electric Vehicle Charging Infrastructure in Latin America and the Caribbean**

---

**Para citar este trabajo:**

De La A, L, García, J, Maldonado, G, y Valdez, J. (2024). Desafíos y Oportunidades en la Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos en América Latina y el Caribe. *Reincisol*, 3(6), pp. 984-1007. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)984-1007](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)984-1007)

---

#### **Autores:**

**Leonela Del Rocio De La A-Salinas**

Universidad Agraria del Ecuador.

Ciudad: Guayaquil, País: Ecuador

Correo Institucional: [ldelaa@uagraria.edu.ec](mailto:ldelaa@uagraria.edu.ec)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0320-4397>

**Janeth Andreina García-Cedeño**

Investigadora.

Ciudad: Esmeraldas, País: Ecuador

Correo Institucional: [janethandreia95@gmail.com](mailto:janethandreia95@gmail.com)

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-7566-7211>

**Galo Eduardo Maldonado-Ibarra**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas.

Ciudad: Esmeraldas, País: Ecuador

Correo Institucional: [galo.maldonado@utelvt.edu.ec](mailto:galo.maldonado@utelvt.edu.ec)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5309-5053>

**Jerson Joseph Valdez-Ibarra**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas.

Ciudad: Esmeraldas, País: Ecuador

Correo Institucional: [jerson.valdez.ibarra@utelvt.edu.ec](mailto:jerson.valdez.ibarra@utelvt.edu.ec)

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0551-6463>

**RECIBIDO:** 15 junio 2024

**ACEPTADO:** 26 julio 2024

**PUBLICADO** 12 agosto 2024

Este artículo aborda los desafíos y oportunidades en la infraestructura de carga para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe. La transición hacia la movilidad eléctrica es crucial para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, mejorar la calidad de vida en áreas urbanas y fomentar el desarrollo económico. Sin embargo, la región enfrenta varios obstáculos, como la falta de infraestructura adecuada, altos costos de implementación, la necesidad de marcos regulatorios claros, y la limitada conciencia pública sobre los beneficios de la movilidad eléctrica.

Se analiza el panorama actual de la movilidad eléctrica en la región, incluyendo el estado de la infraestructura de carga, las políticas vigentes y las proyecciones de crecimiento de la flota de vehículos eléctricos. Además, se exploran casos de éxito en países como Chile y Colombia, que ofrecen lecciones valiosas para otros países de la región.

Se concluye con recomendaciones para una implementación exitosa, destacando la importancia de políticas públicas coherentes, la colaboración público-privada, la adopción de nuevas tecnologías, y la educación y sensibilización de la población. Estas estrategias son clave para superar los desafíos y maximizar los beneficios de la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe, impulsando un futuro más sostenible y equitativo para la región.

**Palabras clave:** Movilidad eléctrica, Infraestructura de carga, América Latina, Sostenibilidad, Políticas públicas.

### Abstract

This article addresses the challenges and opportunities in electric vehicle charging infrastructure in Latin America and the Caribbean. The transition to electric mobility is crucial to reduce CO2 emissions, improve the quality of life in urban areas, and foster economic development. However, the region faces several obstacles, such as a lack of adequate infrastructure, high implementation costs, the need for clear regulatory frameworks, and limited public awareness of the benefits of electric mobility.

The current panorama of electric mobility in the region is analyzed, including the state of charging infrastructure, current policies, and growth projections for the electric vehicle fleet. In addition, success stories in countries such as Chile and Colombia are explored, which offer valuable lessons for other countries in the region.

The article concludes with recommendations for successful implementation, highlighting the importance of coherent public policies, public-private collaboration, the adoption of new technologies, and education and awareness-raising among the population. These strategies are key to overcoming the challenges and maximizing the benefits of electric mobility in Latin America and the Caribbean, driving a more sustainable and equitable future for the region.

**Keywords:** Electric mobility, Charging infrastructure, Latin America, Sustainability, Public policies.

## INTRODUCCIÓN

La movilidad eléctrica ha emergido como una solución clave para enfrentar los desafíos ambientales y energéticos del siglo XXI. A nivel mundial, la transición hacia vehículos eléctricos (VE) ha ganado un impulso significativo, impulsada por la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad del aire en las ciudades y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Países en Europa, América del Norte y Asia han liderado esta transformación, implementando políticas ambiciosas, ofreciendo incentivos fiscales, y desarrollando infraestructuras robustas para facilitar la adopción masiva de los VE (Alvarez et al., 2022).

En América Latina y el Caribe, aunque el ritmo de adopción ha sido más lento en comparación con otras regiones, la movilidad eléctrica está comenzando a ganar terreno. Los países de la región enfrentan desafíos únicos, como la necesidad de diversificar sus matrices energéticas, mejorar la infraestructura de transporte y abordar problemas de contaminación urbana. No obstante, la abundancia de recursos renovables en muchas naciones latinoamericanas, como la energía hidroeléctrica, eólica y solar, presenta una oportunidad única para impulsar la movilidad eléctrica de manera sostenible (Bhattacharya, 2023).

La implementación de una infraestructura de carga eficiente y accesible es fundamental para el éxito de la transición hacia la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe. Sin una red adecuada de estaciones de carga, la adopción de vehículos eléctricos podría verse limitada, afectando tanto a consumidores como a empresas. Además, la infraestructura de carga desempeña un papel crucial en la integración de energías renovables, permitiendo una gestión más eficiente del suministro eléctrico y contribuyendo a la estabilidad de la red (Camargo, Gasca, & Gómez, 2022).

El desarrollo de esta infraestructura no solo representa un avance en términos de sostenibilidad ambiental, sino que también ofrece beneficios económicos y sociales. La creación de empleos, el desarrollo de nuevas industrias tecnológicas y la mejora de la calidad de vida urbana son solo algunos de los beneficios potenciales. Sin embargo, estos beneficios vienen acompañados de desafíos significativos, que van desde la financiación y el desarrollo tecnológico hasta la necesidad de establecer marcos regulatorios adecuados y fomentar la aceptación pública (Campos & Pérez, 2019).

Este artículo tiene como objetivo analizar los principales desafíos y beneficios asociados a la implementación de sistemas de carga para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe. A través de un enfoque detallado, se explorará el estado actual de la infraestructura de carga en la región, se identificarán los obstáculos que deben superarse para su desarrollo y se discutirán las ventajas potenciales de un sistema de carga bien implementado. Además, se presentarán casos de éxito y se ofrecerán recomendaciones prácticas para avanzar en la creación de una infraestructura de carga robusta y accesible, que permita a la región aprovechar al máximo los beneficios de la movilidad eléctrica.

## **DESARROLLO**

### **Panorama actual de la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe**

#### ***Estado de la infraestructura***

En América Latina y el Caribe, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos aún se encuentra en una fase incipiente, con importantes variaciones entre los países de la región. Mientras que algunas naciones han comenzado a desarrollar redes de estaciones de carga más robustas, otras todavía enfrentan desafíos significativos en la expansión de dicha infraestructura (Campos & Pérez, 2021).

Brasil es el país líder en la región en cuanto a la cantidad de estaciones de carga. Con el respaldo de su sólida industria automotriz y políticas de fomento a la movilidad eléctrica, ha logrado establecer una red en expansión, aunque todavía insuficiente para cubrir la demanda potencial. México, por su parte, ha experimentado un crecimiento moderado en la instalación de estaciones de carga, especialmente en áreas urbanas como Ciudad de México y Monterrey, impulsado en parte por la cercanía a Estados Unidos, un mercado mucho más avanzado en esta transición (CEPAL, 2023).

En Chile, la infraestructura de carga ha crecido de manera constante, en gran medida debido a su compromiso con la descarbonización y el uso de energías renovables. La red de carga se está desarrollando principalmente en la capital, Santiago, y en corredores estratégicos que conectan las principales ciudades. Colombia también ha mostrado un compromiso significativo con la movilidad eléctrica, con Bogotá y Medellín a la vanguardia en la instalación de estaciones de carga y el uso de autobuses eléctricos (Chin, 2024).

En contraste, otros países como Argentina, Perú, y Ecuador todavía se encuentran en etapas preliminares de desarrollo, con un número limitado de estaciones de carga, concentradas principalmente en las capitales y grandes ciudades. En estas naciones, la infraestructura está muy rezagada, lo que limita la adopción más amplia de vehículos eléctricos.

### ***Políticas y regulaciones vigentes***

El desarrollo de la infraestructura de carga en América Latina y el Caribe está íntimamente ligado a las políticas públicas y regulaciones vigentes, que varían considerablemente entre los países. Algunos gobiernos han tomado la delantera al implementar marcos regulatorios y políticas que promueven la movilidad eléctrica, mientras que otros están comenzando a diseñar estrategias más integrales (Delgado, Eguino, & Lopes, 2021).

Chile ha sido pionero en la región, adoptando un enfoque proactivo con su "Estrategia Nacional de Electromovilidad," que incluye incentivos fiscales, reducción de impuestos a la importación de vehículos eléctricos, y programas específicos para desarrollar la infraestructura de carga. Colombia también ha adoptado políticas progresistas, como exenciones fiscales para vehículos eléctricos y la Ley 1964 de 2019, que promueve el uso de vehículos eléctricos y la construcción de infraestructura de carga (Fay & Morrison, 2007).

En México, a pesar de no contar con una política nacional unificada, algunos estados y ciudades han implementado incentivos a nivel local, como la exención de ciertos impuestos y la creación de carriles exclusivos para vehículos eléctricos. Brasil, siendo la economía más grande de la región, ha comenzado a introducir incentivos, aunque aún enfrenta desafíos regulatorios para facilitar la expansión de la infraestructura de carga (Galindo, Lorenzo, & Pereyra, 2022).

Por otro lado, países como Argentina y Perú están rezagados en cuanto a la implementación de políticas y regulaciones específicas para la movilidad eléctrica, lo que ha resultado en un desarrollo más lento de la infraestructura. En estos países, la falta de un marco regulatorio claro y de incentivos ha sido un obstáculo importante para la expansión de la red de estaciones de carga (Gers, 2017).

### ***Tendencias y proyecciones***

Las tendencias actuales sugieren un crecimiento acelerado de la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe en los próximos años, impulsado por la creciente conciencia ambiental, la disminución de los costos de la tecnología de baterías, y el aumento de la oferta

de vehículos eléctricos por parte de los fabricantes automotrices (Gómez, Meza, & Morales, 2021).

Se espera que países como Chile, Colombia, y Brasil continúen liderando el desarrollo de la infraestructura de carga, con un enfoque en la expansión de redes en áreas urbanas y corredores de transporte clave. La proyección para México es similar, con un crecimiento sostenido en las ciudades más grandes y la posible integración de estaciones de carga en los proyectos de infraestructura vial de largo alcance (González, Castro, & Chacón, 2023).

Además, se prevé que países como Ecuador y Costa Rica, con un fuerte compromiso hacia la sostenibilidad, aumenten significativamente la instalación de estaciones de carga, apoyados por sus políticas energéticas y el impulso de fuentes de energía renovable. La adopción de la movilidad eléctrica en el Caribe podría acelerarse a medida que los países pequeños, como Barbados y Jamaica, continúen promoviendo iniciativas de movilidad sostenible, aunque enfrentan desafíos logísticos y financieros (Gutman, Civitaresi, & Silveira, 2022).

A nivel regional, se anticipa que la flota de vehículos eléctricos crezca exponencialmente en la próxima década, lo que impulsará la demanda de infraestructura de carga. No obstante, para alcanzar estos objetivos, será crucial que los gobiernos intensifiquen sus esfuerzos en la creación de marcos regulatorios coherentes y en la promoción de la inversión pública y privada en la infraestructura de carga (Hancevic, Núñez, & Rosellón, 2023).

Este panorama subraya la necesidad de una acción concertada entre gobiernos, sector privado y organismos internacionales para superar los desafíos existentes y aprovechar las oportunidades que la movilidad eléctrica ofrece para América Latina y el Caribe.

## **Desafíos para la implementación de un sistema de carga**

### **Infraestructura y tecnología**

La implementación de una infraestructura de carga adecuada para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe enfrenta varios desafíos técnicos y logísticos, derivados principalmente de la diversidad geográfica y urbana de la región.

#### *Diversidad geográfica*

La región presenta una amplia variedad de terrenos, desde áreas urbanas densamente pobladas hasta zonas rurales remotas. Esta diversidad geográfica complica la planificación e

instalación de estaciones de carga, especialmente en áreas rurales y montañosas donde la conectividad a la red eléctrica es limitada. Además, la infraestructura existente en algunas ciudades no está preparada para soportar la demanda adicional que generaría una red de estaciones de carga, requiriendo actualizaciones significativas en las redes eléctricas urbanas (Heileman & del Programa).

#### *Mantenimiento y tecnología*

Las estaciones de carga requieren mantenimiento regular y acceso a tecnología avanzada para garantizar su operatividad y eficiencia. La disponibilidad limitada de tecnología y conocimientos técnicos en algunas partes de la región dificulta el mantenimiento y la actualización de las estaciones de carga. Además, la falta de estandarización en los tipos de conectores y la potencia de carga puede generar problemas de interoperabilidad entre diferentes estaciones y vehículos (Lorenzo, Galindo, & Pereyra, 2022).

#### *Conectividad y digitalización*

La integración de estaciones de carga con sistemas de gestión energética inteligentes es otro desafío, especialmente en países con infraestructuras de telecomunicaciones menos desarrolladas. La digitalización es crucial para la optimización de la red de carga, la gestión de la demanda y la integración con fuentes de energía renovable, pero su implementación puede ser costosa y técnicamente compleja (Marcos, 2022).

#### **Costo y financiamiento**

Uno de los principales desafíos para la expansión de la infraestructura de carga en América Latina y el Caribe es el alto costo asociado con la instalación, operación y mantenimiento de las estaciones de carga.

#### *Inversión inicial*

El costo de instalar estaciones de carga, especialmente las de carga rápida, es elevado. Esto incluye los costos de adquisición del equipo, las obras civiles necesarias para su instalación, y las conexiones a la red eléctrica. En áreas con infraestructuras eléctricas débiles, los costos pueden ser aún mayores debido a la necesidad de fortalecer la red (Mercado, Chere, & Martínez, 2022).

#### *Acceso al financiamiento*

Asegurar el financiamiento necesario para estas inversiones es un desafío significativo, especialmente en un contexto de limitaciones fiscales y competencia por recursos públicos



en los países de la región. Las fuentes de financiamiento privado también son limitadas, ya que los inversionistas pueden percibir la infraestructura de carga como un mercado de alto riesgo debido a la incertidumbre sobre la adopción de vehículos eléctricos y la rentabilidad a largo plazo (Messina, Contreras, & Salgado, 2022).

#### *Modelo de negocio*

El desarrollo de un modelo de negocio viable para las estaciones de carga es otro desafío, especialmente en áreas donde la adopción de vehículos eléctricos es aún baja. Sin una masa crítica de usuarios, las estaciones de carga podrían operar con pérdidas durante un período prolongado, lo que desincentiva a los inversores privados.

#### **Regulación y políticas públicas**

La falta de marcos regulatorios claros y efectivos es un obstáculo importante para la implementación de la infraestructura de carga en la región.

#### *Desarrollo de políticas integradas*

Muchos países de América Latina y el Caribe carecen de políticas integradas que aborden de manera integral la movilidad eléctrica y la infraestructura de carga. Las políticas existentes a menudo son fragmentadas o insuficientes, lo que dificulta la planificación a largo plazo y la atracción de inversiones (Michelena, Iannuzzi, & Barafani, 2023).

#### *Incentivos y normativas*

La falta de incentivos adecuados, como subsidios, exenciones fiscales, o tarifas de energía diferenciadas para estaciones de carga, limita la viabilidad financiera de los proyectos. Además, la ausencia de normativas claras sobre la instalación y operación de estaciones de carga puede generar incertidumbre entre los desarrolladores y operadores (Navarro et al, 2022).

#### *Coordinación entre niveles de gobierno*

La implementación de infraestructura de carga requiere la coordinación entre diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), lo que a veces puede ser complejo. La falta de alineación entre las políticas nacionales y locales puede ralentizar el desarrollo de la infraestructura y crear barreras burocráticas.

#### **Conciencia y aceptación pública**

La aceptación pública y la conciencia sobre la movilidad eléctrica son esenciales para el éxito de la infraestructura de carga, pero en la región estos aspectos todavía representan desafíos considerables.

#### *Percepción pública*

Aunque la conciencia ambiental está en aumento, aún existe un escepticismo significativo entre el público sobre la viabilidad y conveniencia de los vehículos eléctricos. Factores como la "ansiedad por la autonomía" (preocupación por la distancia que puede recorrer un vehículo eléctrico con una sola carga) y la percepción de que los vehículos eléctricos son caros y poco prácticos son barreras importantes para su adopción (Okot, Barquero, & Valverde, 2021).

#### *Falta de información*

La falta de información precisa y accesible sobre la movilidad eléctrica y la infraestructura de carga también es un desafío. Muchos consumidores no están familiarizados con los beneficios de los vehículos eléctricos ni con la ubicación y disponibilidad de estaciones de carga, lo que limita su disposición a hacer la transición (Perrotti & Sánchez, 2011).

#### *Cultura del automóvil*

En muchos países de la región, la cultura del automóvil está profundamente arraigada, y los vehículos de combustión interna siguen siendo la norma. Cambiar estas actitudes requiere esfuerzos significativos en educación y sensibilización, además de incentivos económicos y mejoras en la infraestructura de carga (Pineda, Duitama, & Diaz, 2023).

Estos desafíos subrayan la necesidad de un enfoque integral y coordinado para la implementación de la infraestructura de carga en América Latina y el Caribe, que incluya esfuerzos concertados en infraestructura, financiamiento, regulación y sensibilización pública.

### **Beneficios de un sistema de carga bien implementado**

#### **Impacto ambiental**

Uno de los principales beneficios de un sistema de carga bien implementado es su contribución significativa a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros contaminantes, lo que ayuda a mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire en las ciudades.

#### *Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>*

Los vehículos eléctricos generan cero emisiones directas de CO<sub>2</sub>, lo que contribuye de manera directa a la disminución de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, especialmente en regiones donde el transporte representa una parte significativa de estas emisiones. Al reducir la dependencia de los combustibles fósiles, la adopción de vehículos eléctricos puede desempeñar un papel crucial en el cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones, como los establecidos en el Acuerdo de París (Ramírez & Kayalica, 2023).

#### *Mejora de la calidad del aire*

Además de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, los vehículos eléctricos no emiten contaminantes atmosféricos como óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas finas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), que son comunes en los vehículos de combustión interna. Esto tiene un impacto directo en la salud pública, ya que reduce la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares asociadas con la contaminación del aire (Saavedra et al., 2021).

#### *Reducción del ruido urbano*

Los vehículos eléctricos son mucho más silenciosos que sus contrapartes de combustión interna, lo que contribuye a la disminución de la contaminación acústica en las áreas urbanas. Esto mejora la calidad de vida en las ciudades, creando entornos más tranquilos y habitables (Sanahuja & Bonilla, 2022).

#### **Desarrollo económico**

La implementación de un sistema de carga para vehículos eléctricos también puede generar una serie de beneficios económicos, tanto a nivel macroeconómico como en términos de desarrollo local.

#### *Generación de empleo*

La construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos pueden crear una gran cantidad de empleos directos e indirectos. Estos empleos no solo se generan en la fase de instalación de las estaciones de carga, sino también en la fabricación de equipos, desarrollo de software, servicios de mantenimiento, y otros sectores relacionados (Sánchez, 2021).

#### *Crecimiento de nuevas industrias*

La movilidad eléctrica abre la puerta al desarrollo de nuevas industrias, como la producción de baterías, la investigación y desarrollo de tecnologías de carga, y la fabricación de

componentes específicos para vehículos eléctricos. Además, las startups y empresas tecnológicas que se especializan en soluciones de movilidad eléctrica y gestión energética pueden encontrar un mercado en expansión en América Latina y el Caribe (Serebrisky et al., 2020).

#### *Atracción de inversiones*

Un sistema de carga bien implementado puede atraer inversiones tanto nacionales como extranjeras. Empresas multinacionales del sector automotriz, energético y tecnológico pueden verse incentivadas a invertir en la región si existe una infraestructura sólida y un entorno regulatorio favorable para la movilidad eléctrica (Souza et al., 2024).

#### *Ahorro en costos operativos*

A largo plazo, los usuarios de vehículos eléctricos pueden beneficiarse de menores costos operativos, ya que la electricidad es generalmente más barata que los combustibles fósiles, y los vehículos eléctricos requieren menos mantenimiento. Esto puede traducirse en ahorros significativos para las empresas que operan flotas de vehículos y para los consumidores particulares.

#### **Mejora en la calidad de vida**

La adopción de vehículos eléctricos y la implementación de un sistema de carga adecuado pueden tener un impacto positivo significativo en la calidad de vida de los habitantes de las ciudades y áreas metropolitanas.

#### *Reducción de la contaminación atmosférica*

Como se mencionó anteriormente, la reducción de contaminantes atmosféricos como NO<sub>x</sub> y partículas finas mejora la salud pública, lo que se traduce en menos casos de enfermedades respiratorias, menor mortalidad prematura, y una reducción en los costos de atención médica (Weikert, 2021).

#### *Disminución de la contaminación acústica*

La operación silenciosa de los vehículos eléctricos contribuye a crear entornos urbanos más agradables y menos estresantes. Esto es particularmente beneficioso en ciudades densamente pobladas donde el ruido del tráfico es una de las principales fuentes de estrés para los residentes (Suryasa et al., 2024).

#### *Mejora del espacio urbano*

La reducción de las emisiones y el ruido puede hacer que los espacios urbanos sean más atractivos para el uso público, fomentando un mayor uso de áreas peatonales, parques y zonas de recreación. Esto, a su vez, puede estimular el desarrollo de comunidades más saludables y socialmente cohesionadas (Yépez, Balza, & Serebrisky, 2022).

### **Integración con energías renovables**

La infraestructura de carga para vehículos eléctricos puede jugar un papel crucial en la transición hacia un sistema eléctrico más sostenible, al facilitar la integración con fuentes de energía renovable.

#### *Uso eficiente de la energía*

La integración de estaciones de carga con fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, permite un uso más eficiente de la energía generada. Por ejemplo, los vehículos eléctricos pueden cargarse durante las horas de mayor producción de energía solar, contribuyendo a equilibrar la oferta y la demanda en la red eléctrica (Toro et al., 2024).

#### *Almacenamiento de energía*

Los vehículos eléctricos pueden funcionar como unidades móviles de almacenamiento de energía (Vehicle-to-Grid, V2G), devolviendo la energía almacenada en sus baterías a la red en momentos de alta demanda. Esto no solo ayuda a estabilizar la red, sino que también facilita una mayor penetración de energías renovables intermitentes en el mix energético (Serebrisky et al., 2020).

#### *Descarbonización del transporte y la electricidad*

Al combinar la movilidad eléctrica con energías renovables, se avanza hacia la descarbonización tanto del sector del transporte como del sector eléctrico. Esto es particularmente relevante en América Latina, donde muchos países ya cuentan con matrices energéticas relativamente limpias, lo que hace que la electrificación del transporte sea una estrategia efectiva para reducir aún más las emisiones de carbono.

Estos beneficios subrayan la importancia de desarrollar una infraestructura de carga robusta y bien planificada en América Latina y el Caribe, no solo para facilitar la transición hacia la movilidad eléctrica, sino también para aprovechar las oportunidades de desarrollo económico, mejorar la calidad de vida y avanzar hacia un futuro más sostenible (Okot et al., 2021).

### **Casos de éxito y lecciones aprendidas**

## Estudios de caso

A lo largo de América Latina y el Caribe, algunos países y ciudades han logrado avances significativos en la implementación de sistemas de carga para vehículos eléctricos, proporcionando valiosas experiencias que pueden servir de modelo para otras partes de la región.

### *Chile: Liderazgo en la estrategia nacional de electromovilidad*

Chile se ha posicionado como un líder regional en la promoción de la movilidad eléctrica. En 2019, el gobierno chileno lanzó la "Estrategia Nacional de Electromovilidad," que busca la electrificación de todos los transportes públicos para 2040. Santiago, la capital, ya cuenta con una de las flotas de autobuses eléctricos más grandes del mundo fuera de China. Además, se han implementado corredores eléctricos con estaciones de carga rápida a lo largo de rutas clave, facilitando la transición a vehículos eléctricos tanto para transporte público como privado.

El éxito de Chile radica en la creación de un marco regulatorio sólido, el establecimiento de objetivos claros y a largo plazo, y la colaboración entre el sector público y privado. La integración de la movilidad eléctrica con políticas de energía renovable ha sido clave para su implementación efectiva. Otros países pueden aprender de la experiencia chilena, especialmente en la formulación de políticas de largo plazo y en la importancia de la infraestructura de carga para transporte público.

### *Costa Rica: Compromiso con la sostenibilidad*

Costa Rica, un país conocido por su enfoque en la sostenibilidad, ha adoptado la movilidad eléctrica como parte central de su política ambiental. En 2018, el gobierno promulgó la Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, que ofrece exenciones fiscales y beneficios para la importación y compra de vehículos eléctricos, así como para la instalación de estaciones de carga. El país también ha desarrollado una red creciente de estaciones de carga pública, impulsada por la empresa estatal de electricidad, que opera en conjunto con fuentes de energía renovable.

Costa Rica demuestra la importancia de los incentivos económicos y regulatorios para fomentar la adopción de vehículos eléctricos y el desarrollo de la infraestructura de carga. La integración de las políticas de movilidad eléctrica con el sector energético y el uso de energías renovables refuerza la sostenibilidad del sistema. La experiencia costarricense puede servir

de ejemplo para países que desean fomentar la adopción de vehículos eléctricos a través de políticas gubernamentales proactivas y el uso de energías limpias.

#### *Colombia: Expansión de la infraestructura de carga en ciudades clave*

Colombia ha hecho avances significativos en la movilidad eléctrica, especialmente en ciudades como Bogotá y Medellín. Bogotá ha implementado políticas para la adopción de buses eléctricos en su sistema de transporte público y ha fomentado la instalación de estaciones de carga en lugares estratégicos. En 2019, la ciudad de Medellín lanzó un proyecto para desarrollar una "Ruta Eléctrica" que incluye la instalación de estaciones de carga rápida a lo largo de las principales carreteras urbanas y suburbanas.

La experiencia de Colombia destaca la importancia de las políticas públicas a nivel local y la coordinación entre gobiernos municipales y nacionales. Además, resalta la necesidad de desarrollar infraestructuras de carga en áreas urbanas y suburbanas para apoyar la adopción generalizada de vehículos eléctricos. Otros países pueden emular la estrategia de Colombia en la implementación de rutas eléctricas y el fomento del transporte público eléctrico.

#### **Lecciones para la región**

A partir de estos estudios de caso, se pueden extraer varias buenas prácticas y lecciones que podrían aplicarse en otros contextos dentro de América Latina y el Caribe:

##### *Políticas públicas integradas*

La implementación exitosa de sistemas de carga depende en gran medida de la existencia de políticas públicas integradas que aborden no solo la infraestructura de carga, sino también la promoción de vehículos eléctricos, incentivos fiscales, y la integración con energías renovables. Un enfoque holístico que involucre a todos los sectores relevantes es crucial para superar los desafíos y maximizar los beneficios.

##### *Colaboración público-privada*

La colaboración entre el sector público y privado es esencial para el desarrollo de la infraestructura de carga. Los gobiernos pueden establecer marcos regulatorios y ofrecer incentivos, mientras que el sector privado puede aportar innovación, inversión y experiencia técnica. Este tipo de colaboración ha demostrado ser eficaz en los países que han avanzado más en la región.

##### *Planificación a largo plazo*

Los países que han tenido éxito en la implementación de sistemas de carga han adoptado una planificación a largo plazo, con objetivos claros y bien definidos. Esto no solo proporciona una hoja de ruta para el desarrollo futuro, sino que también genera confianza entre los inversores y los consumidores.

#### *Focalización en áreas urbanas*

Dado que las áreas urbanas suelen ser las primeras en adoptar vehículos eléctricos, enfocar inicialmente los esfuerzos en estas zonas puede generar un impacto significativo en términos de reducción de emisiones y mejora de la calidad de vida. Sin embargo, es importante no descuidar la expansión eventual hacia zonas suburbanas y rurales.

#### *Educación y sensibilización*

El éxito de la movilidad eléctrica también depende de la aceptación pública. Invertir en campañas de educación y sensibilización para informar al público sobre los beneficios de los vehículos eléctricos y las opciones de carga disponibles es fundamental para aumentar la adopción.

#### *Adaptabilidad y flexibilidad*

Cada país y ciudad en la región tiene un contexto único, por lo que las soluciones deben ser adaptables y flexibles. Lo que funciona en una ciudad altamente urbanizada puede no ser adecuado para áreas rurales o pequeñas islas del Caribe. Es esencial que las políticas y estrategias se adapten a las necesidades y características locales.

Estas lecciones y estudios de caso proporcionan una base sólida para que otros países en América Latina y el Caribe avancen en la implementación de sistemas de carga para vehículos eléctricos, adaptando las estrategias exitosas a sus contextos específicos y fomentando una transición hacia una movilidad más limpia y sostenible.

## **Recomendaciones para una implementación exitosa**

### **Políticas públicas**

Establecimiento de marcos regulatorios claros y coherentes: Es fundamental que los gobiernos nacionales y locales desarrollen marcos regulatorios que faciliten la instalación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos. Esto incluye la definición de normas técnicas para estaciones de carga, estándares de interoperabilidad, y procedimientos



simplificados para obtener permisos de instalación. Las políticas públicas deben ser coherentes a nivel nacional y local para evitar contradicciones y facilitar la inversión.

#### *Incentivos económicos y fiscales*

Los gobiernos pueden fomentar la expansión de la infraestructura de carga mediante la implementación de incentivos económicos, como subsidios para la instalación de estaciones de carga, exenciones fiscales para la importación de equipos, y tarifas preferenciales de electricidad para operadores de estaciones de carga. Estos incentivos pueden reducir los costos iniciales y hacer que la inversión en infraestructura de carga sea más atractiva para el sector privado.

#### *Planes de movilidad urbana integrados*

La movilidad eléctrica debe ser parte integral de los planes de movilidad urbana. Las ciudades deben incluir la infraestructura de carga en sus planes de desarrollo urbano y transporte, asegurando que las estaciones de carga estén estratégicamente ubicadas en áreas de alta demanda y en corredores de transporte clave. Esto ayudará a optimizar la eficiencia del sistema de carga y facilitará la adopción masiva de vehículos eléctricos.

### **Colaboración público-privada**

#### *Fomento de asociaciones estratégicas*

Los gobiernos deben promover asociaciones estratégicas entre el sector público y privado para el desarrollo de la infraestructura de carga. Esto puede incluir acuerdos de colaboración con empresas del sector energético, fabricantes de vehículos eléctricos, y proveedores de tecnología de carga. Estas asociaciones pueden compartir riesgos, aprovechar recursos y conocimientos, y acelerar la implementación de la infraestructura.

#### *Acceso a financiamiento internacional*

Dado que muchos países de América Latina y el Caribe enfrentan limitaciones fiscales, es crucial aprovechar el financiamiento de organismos internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial. Estos organismos pueden ofrecer préstamos, subvenciones y asistencia técnica para proyectos de infraestructura de carga, especialmente en áreas con menor capacidad de inversión local.

#### *Desarrollo de modelos de negocio innovadores*

La colaboración público-privada puede facilitar el desarrollo de modelos de negocio innovadores, como esquemas de cobro por uso, suscripciones a servicios de carga, y acuerdos

de suministro de energía renovable. Estos modelos pueden ayudar a garantizar la sostenibilidad financiera de las estaciones de carga y aumentar su accesibilidad para los usuarios.

### **Innovación y tecnología**

#### *Adopción de tecnologías avanzadas de carga*

Es recomendable que los países y ciudades adopten tecnologías avanzadas de carga, como estaciones de carga rápida y ultrarrápida, que pueden reducir significativamente el tiempo de recarga para los usuarios. Además, la implementación de sistemas de carga inteligente, que optimizan el uso de la red eléctrica y permiten la integración con fuentes de energía renovable, puede mejorar la eficiencia del sistema y reducir costos.

#### *Fomento de la investigación y el desarrollo*

Los gobiernos y empresas deben invertir en investigación y desarrollo (I+D) para avanzar en tecnologías de carga y almacenamiento de energía. Esto incluye el desarrollo de baterías más eficientes, soluciones de carga inalámbrica, y sistemas de gestión energética que integren vehículos eléctricos con la red eléctrica (Vehicle-to-Grid, V2G). La innovación en estos campos puede reducir los costos y mejorar la viabilidad técnica de la infraestructura de carga.

#### *Desarrollo de estándares regionales*

La estandarización es clave para garantizar la interoperabilidad entre diferentes estaciones de carga y vehículos eléctricos. La región debe trabajar en el desarrollo de estándares comunes para conectores, protocolos de comunicación y requisitos técnicos. Esto facilitará la expansión de la infraestructura de carga y hará que sea más fácil para los usuarios moverse entre diferentes países y ciudades sin problemas.

### **Educación y concienciación**

#### *Campañas de sensibilización pública*

Para aumentar la aceptación de la movilidad eléctrica, es esencial llevar a cabo campañas de sensibilización pública que informen a la población sobre los beneficios de los vehículos eléctricos y la infraestructura de carga. Estas campañas pueden incluir publicidad en medios de comunicación, eventos comunitarios, y programas educativos en escuelas y universidades.

#### *Programas de formación y capacitación*

El desarrollo de programas de formación para técnicos y profesionales en la instalación, operación y mantenimiento de estaciones de carga es crucial para garantizar la calidad y

confiabilidad de la infraestructura. Además, la capacitación de funcionarios públicos y tomadores de decisiones en temas relacionados con la movilidad eléctrica puede mejorar la efectividad de las políticas y regulaciones.

#### *Fomento de la adopción temprana*

Los gobiernos pueden alentar la adopción temprana de vehículos eléctricos y el uso de estaciones de carga mediante programas piloto, incentivos para los primeros usuarios, y la creación de "zonas verdes" en áreas urbanas donde se priorice el uso de vehículos eléctricos. Estas iniciativas pueden ayudar a crear una masa crítica de usuarios que impulse la demanda y la expansión de la infraestructura de carga.

Estas recomendaciones proporcionan un marco integral para que los países de América Latina y el Caribe desarrollen e implementen con éxito sistemas de carga para vehículos eléctricos. La combinación de políticas públicas efectivas, colaboración público-privada, innovación tecnológica, y educación pública es clave para superar los desafíos y maximizar los beneficios de la movilidad eléctrica en la región.

### **CONCLUSIONES**

A lo largo de este artículo, hemos explorado los principales desafíos y beneficios asociados con la implementación de un sistema de carga para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe. La región enfrenta dificultades considerables, como la necesidad de desarrollar una infraestructura de carga robusta y tecnológicamente avanzada, asegurar el financiamiento adecuado, establecer marcos regulatorios efectivos y superar la falta de conciencia pública sobre la movilidad eléctrica. Sin embargo, los beneficios potenciales son inmensos, incluyendo la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el impulso al desarrollo económico a través de nuevas industrias y empleos, la mejora de la calidad de vida urbana, y la integración de la infraestructura de carga con energías renovables.

También hemos revisado casos de éxito en países como Chile, Costa Rica y Colombia, los cuales ofrecen valiosas lecciones para otros países de la región. Estas experiencias destacan la importancia de políticas públicas integradas, la colaboración entre los sectores público y privado, y la necesidad de planificación a largo plazo.

El futuro de la movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe es prometedor, pero su éxito depende en gran medida de la capacidad de los gobiernos, empresas y ciudadanos para

superar los desafíos actuales. A medida que más países adoptan vehículos eléctricos, la demanda de una infraestructura de carga adecuada continuará creciendo. Es esencial que la región avance hacia un sistema de transporte más sostenible y equitativo, donde la movilidad eléctrica juegue un papel central en la reducción de las emisiones y en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

La integración de la infraestructura de carga con fuentes de energía renovable ofrece una oportunidad única para que América Latina y el Caribe lideren la transición global hacia un transporte limpio y sostenible. Con un enfoque en la innovación tecnológica, la creación de estándares regionales y la educación pública, la región tiene el potencial de convertirse en un ejemplo mundial en la adopción de la movilidad eléctrica.

La transición hacia la movilidad eléctrica no puede lograrse sin la participación activa de todos los sectores de la sociedad. Los gobiernos deben liderar con políticas públicas claras y coherentes, establecer incentivos económicos y fiscales, y fomentar la colaboración público-privada. Las empresas deben innovar y colaborar para desarrollar tecnologías avanzadas de carga y modelos de negocio sostenibles. Finalmente, los ciudadanos deben ser conscientes de los beneficios de la movilidad eléctrica y estar dispuestos a adoptar nuevas formas de transporte que beneficien al medio ambiente y a las futuras generaciones.

Invitamos a todos los actores involucrados a unirse en este esfuerzo colectivo para acelerar la transición hacia un sistema de transporte más limpio, eficiente y sostenible en América Latina y el Caribe. La movilidad eléctrica es más que una tendencia; es una necesidad urgente para el desarrollo sostenible de nuestra región y un legado que debemos dejar para las generaciones futuras.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- Alvarez Jara, R. W., Loloy Polo, N. R., Sotomayor Berrio, R. L., & Vivanco Zacarías, E. M. (2022). Despliegue de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos particulares en la ciudad de Lima.
- Bhattacharya, A. (2023). El desafío de la infraestructura sostenible en América Latina y el Caribe y el papel de los bancos multilaterales de desarrollo.
- Camargo-Ariza, L. L., Gasca-Mantilla, M. C., & Gómez-Rojas, J. J. S. e. T. (2022). A technical solution for tourist beaches quality monitoring. 27(3).

- Campos Canales, R., & Pérez, G. (2019). Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de America Latina y el Caribe.
- Campos Canales, R., & Pérez, G. (2021). Vehículos autónomos y energías alternativas para la logística postpandemia.
- CEPAL, N. (2023). Final assessment report. Assessment of the United Nations Road Safety Fund (UNRSF) project.
- Chin Estrella, J. M. (2024). Diseño de una electrolinera en la parroquia Dayuma provincia de Orellana. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi;(UTC),
- Delgado, R., Eguino, H., & Lopes, A. (2021). Política fiscal y cambio climático: experiencias recientes de los ministerios de finanzas de América Latina y el Caribe. In: Inter-American Development Bank.
- Fay, M., & Morrison, M. (2007). Infraestructura en América Latina y el Caribe: acontecimientos recientes y desafíos principales: The World Bank.
- Galindo, L. M., Lorenzo, F., & Pereyra, M. (2022). Desafíos y Oportunidades del Financiamiento Climático en América Latina y el Caribe.
- Gers, J. M. J. E. R. d. e. d. L. y. e. C. (2017). América Latina y el Caribe: estado del arte de las redes eléctricas inteligentes. 1(1), 24-41.
- Gómez-Ramírez, G. A., Meza, C., & Morales-Hernández, S. J. R. T. e. M. (2021). Oportunidades y desafíos para la integración de almacenamiento electroquímico en las redes eléctricas centroamericanas. 34(3), 70-82.
- González, M. L. P., Castro, G. N. D., & Chacón, Y. D. J. L. (2023). Potencial de la industria vehicular en América Latina: hacia una movilidad sostenible y descarbonizada= Potential of the vehicle industry in Latin America: towards sustainable and decarbonised mobility. 24(2), 1-23.
- Gutman, V. J. H., JL, CIVITARESI, H., & SILVEIRA, L. d. S. D. t. e. A. L. l. n. d. r. y. p. u. n. a. d. d. r. p. R. C. U. (2022). Transición energética y comercio internacional: desafíos para América Latina y el Caribe. 11-25.
- Hancevic, P., Núñez, H., & Rosellón, J. (2023). El sector energético en América Latina y el Caribe: oportunidades y desafíos del cambio climático.
- Heileman, L., & del Programa, D. R. UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA INNOVADORA Y SOSTENIBLE EN AMÉRICA LATINA.

- Lorenzo, F., Galindo, L. M., & Pereyra, M. (2022). La agenda del financiamiento climático y sostenible en América Latina y el Caribe. Lecciones para Uruguay.
- Marcos Calmo, K. E. (2022). Diseño de investigación de infraestructura propuesta para estaciones de recarga de vehículos eléctricos en la República de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala,
- Mercado-Bautista, J. D., Chere-Quiñónez, B. F., & Martínez-Peralta, A. J. J. S. I. J. o. I. S. (2022). Impactos de la generación distribuida en la red inteligente: un análisis documental. 3(2), 593-609.
- Messina, D., Contreras Lisperguer, R., & Salgado, R. (2022). El rol de las energías renovables en la electrificación del transporte público y privado de las ciudades de América Latina y el Caribe: impactos, desafíos y oportunidades ambientales.
- Michelena, G., Iannuzzi, P., & Barafani, M. (2023). Hacia una integración sostenible: el potencial de la electromovilidad en América Latina y el Caribe.
- Navarro Quesada, D., Acosta, C., Aulestia, D., & Jauregui-Fung, F. (2022). Informe de resultados del encuentro Movilidad Urbana Sostenible: un Diálogo Interregional sobre la Industria y el Financiamiento del Transporte Público Colectivo.
- Okot, T., Barquero, C. F. S., & Valverde, F. A. J. R. (2021). Potential of renewable energy production: an assessment of Costa Rica's decarbonization plan. 1(2), 26-49.
- Perrotti, D. E., & Sánchez, R. (2011). La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe.
- Pineda González, M. L., Duitama Castro, G. N., & Diaz Chacón, Y. J. L. (2023). Potencial de la industria vehicular en América Latina: hacia una movilidad sostenible y descarbonizada. 24(2).
- Ramírez, R. S. E., & Kayalica, M. O. J. C. y. a. (2023). Strategic environmental policies: Electric vehicles vs internal combustion engine vehicles. 68(4), 215-240.
- Saavedra Pulido, A., Galvis, N., Mesa, F., Banguero Palacios, E., Castaneda, M., & Zapata, S. (2021). Current state of the worldwide renewable energy generation: a review.

- Sanahuja, J. A., & Bonilla, A. (2022). The European Union, Latin America and the Caribbean: cartography of the association agreements: Fundación EU-LAC; Fundación Carolina.
- SánChEz, J. (2021). Minerales críticos en las Américas: Propuestas para fortalecer las cadenas de suministro. In: Foro virtual de Minería y Desarrollo Sostenible de las Américas.
- Serebrisky, T., Brichetti, J. P., Blackman, A., & Moreira, M. M. J. M. (2020). Infraestructura sostenible y digital para impulsar la recuperación económica post COVID-19 de América Latina y el Caribe: un camino hacia más empleo, integración y crecimiento. 832.
- Souza, R. C. U.-d., González-Quiñonez, L. A., Reyna-Tenorio, L. J., Salgado-Ortiz, P. J., Chere-Quiñónez, B. F. J. I. J. o. E. E., & Policy. (2024). Renewable energy development and employment in Ecuador's rural sector: an economic impact analysis. 14(1), 464-479.
- Suryasa, I. W., de Souza, R. C. U., Tenorio, L. J. R., Saquicela, J. L. S., Peralta, A. J. M., & Quiñónez, B. F. C. J. N. P. (2024). Directional Optimization Model for Efficient Vehicle Control in Photovoltaic Systems. 571-579.
- Toro, J. A. R., Sampietro-Saquicela, J. L., Suryasa, I. W., Solórzano, L. E. H., Cervantes, X. L. G., & Quiñónez, B. F. C. J. A. I. (2024). Optimal Scheduling of Renewable Energy Resources in Energy Management Systems Using Hybrid Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization. 52, 19-27.
- Weikert Bicalho, F. (2021). Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe.
- Yépez-García, A., Balza, L. H., & Serebrisky, T. (2022). Reformas para impulsar una infraestructura sostenible e inclusiva en América Latina y el Caribe.

**Conflicto de intereses**

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

**Con certificación de:**

