


INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Volumen 8 · Número 1 · Junio 2026 · Publicación semestral



***Estudio de las brechas
tecnológicas hacia una inserción
sostenible de vehículos eléctricos.***

Study of technological gaps towards a sustainable insertion of electric vehicles

Estudio de las brechas tecnológicas hacia una inserción sostenible de vehículos eléctricos.

Christian Patricio Cabascango-Camuendo^{1[0000-0002-4927-0832]}, Ana Teresa Berrios-Rivas^{2[0000-0002-0101-176X]}

¹ *Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador*
E-mail: ccabascango@istte.edu.ec

² *Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador*
E-mail: aberrios@istte.edu.ec

Recibido: 12/01/2026

Aceptado: 17/04/2026

Publicado: 30/06/2026

RESUMEN

La integración masiva de vehículos eléctricos (VE) tensiona las redes de distribución, diseñadas para flujo unidireccional, causando caídas de tensión, desbalances y degradación de la calidad de la energía (aumento de SAIFI y THD). Paralelamente, la ansiedad por la autonomía limita la adopción, debido a la gestión ineficiente de la energía a bordo y a la falta de sistemas de monitorización en tiempo real. El análisis se basa en una revisión sistemática de literatura técnica para identificar los desafíos interconectados. Examinando el impacto de la carga de VE en la estabilidad de red y los criterios para la ubicación óptima de estaciones, la arquitectura de cargadores (PFC + DC-DC) y estrategias de carga (CC-CV) para la eficiencia y seguridad de las baterías. las tecnologías del vehículo (telemetría de alta frecuencia, frenado regenerativo, algoritmos de estimación de SOC/SOH) para optimizar la autonomía. La solución requiere un enfoque de sistema dual. En la infraestructura, se necesita una planificación de red activa con ubicación óptima de carga y capacidades de gestión bidireccional para mitigar impactos. En el vehículo, es crucial integrar sistemas de gestión de energía en tiempo real, algoritmos de diagnóstico de batería y recuperación de energía. Solo esta coordinación técnica garantizará una transición sostenible, asegurando simultáneamente la estabilidad de la red y una autonomía confiable para el usuario.

Palabras clave: Vehículo eléctrico; Recuperación de energía; freno regenerativo; autonomía; batería

ABSTRACT

The massive integration of electric vehicles (EV) stresses distribution networks, designed for unidirectional flow, causing voltage drops, imbalances and degradation of power quality (increase in SAIFI and THD). In parallel, range anxiety limits adoption, due to inefficient onboard energy management and the lack of real-time monitoring systems. The analysis is based on a systematic review of technical literature to identify interconnected challenges. Examining the impact of EV charging on grid stability and criteria for optimal station placement, charger architecture (PFC + DC-DC) and charging strategies (CC-CV) for battery efficiency and safety. vehicle technologies (high frequency telemetry, regenerative braking, SOC/SOH estimation algorithms) to optimize range. The solution requires a dual system approach. In infrastructure, active network planning with optimal load placement and bidirectional management capabilities is needed to mitigate impacts. In the vehicle, it is crucial to integrate real-time energy management systems, battery diagnostic algorithms and energy recovery. Only this technical coordination will guarantee a sustainable transition, simultaneously ensuring network stability and reliable autonomy for the user.

Index terms: electric vehicle; energy recovery; regenerative brake; autonomy

1. INTRODUCCIÓN.

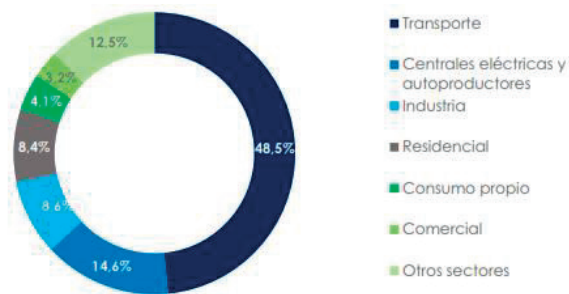
La temperatura mundial en el siglo XXI es aproximadamente 1 °C superior al promedio del período 1850-1900, lo que implica un calentamiento sin precedentes en los últimos 2000 años (IPCC, 2021), Esto trae consigo el aumento de los eventos climáticos extremos como ondas de calor, tormentas y sequías, que afectan la seguridad alimentaria e hídrica. En vista de este panorama alrededor de 194 países se han comprometido en cumplir los objetivos del Acuerdo de París (Capítulo 5) y evitar daños irreversibles en el medio ambiente y los ecosistemas internacionales, reiterando que es necesario transformar el mix energético mundial, dejando atrás los combustibles fósiles y adoptando las energías renovables, previendo que, para mediados de siglo, las emisiones deberán reducirse entre un 75% y un 98%, lo que implica que la economía mundial deberá ser prácticamente neutral en emisiones de carbono en ese momento (IPCC, 2022). En la búsqueda de alcanzar emisiones netas cero en 2050 es necesario hacer cambios rápidos y profundos en el sistema energético y el sistema alimentario, la movilidad, las técnicas de producción industrial y la conservación de la naturaleza (CEPAL, 2020)

Ecuador como parte de los países que firmaron el acuerdo de París, inicia con el impulso de políticas públicas, que proporcionen una línea de desarrollo sostenible en pos de reducir la emisión de gases contaminantes, por ello, cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025, un Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización (2021) que define una hoja de ruta sectorial (OECD, 2022), el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035, y la Estrategia Nacional de Electromovilidad para Ecuador (2021) desarrollada en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo BID, cada iniciativa, tiene como finalidad la contribución a la descarbonización y la sostenibilidad del transporte terrestre en el Ecuador desde el punto de

vista ambiental, social y económico, convirtiéndose en el instrumento que estructura la política y acciones a nivel nacional y local, que se encuentran dirigidas a promover la adopción de la electromovilidad (BID, 2021).

Figura 1.

Emisiones del sector energía



Nota. BID, (2021, p. 1)

La estrategia de electromovilidad que proponía el sector gubernamental para el país, presentaba un panorama prometedor, y apuntaba a que la electromovilidad a más de ser beneficiosa para el medio ambiente, ésta ocupe un rol importante en la recuperación económica post-covid, mediante la creación de empleos en toda la cadena de producción, mantenimiento, carga y operación de los vehículos eléctricos.

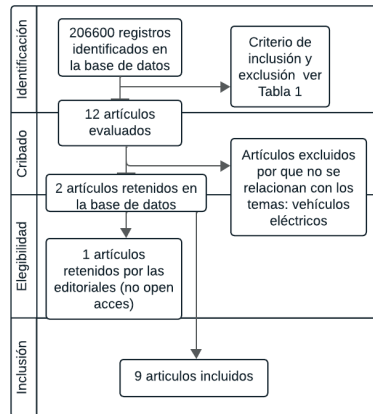
La investigación se encuentra enfocada en revisar el proceso de transición a seguir para la adopción de la electromovilidad, sin embargo, los estudios realizados en este ámbito parten desde el análisis del vehículo eléctrico; la recuperación de energía; los sistemas de freno regenerativo; la autonomía del vehículo y la infraestructura para los puntos de carga de las batería, cabe mencionar que el estudio se enfoca de manera local, sin embargo, el número reducido de investigaciones en este ámbito dificultan caracterizarlo de manera puntual, es por ello, que también se consideraron estudios realizados por otros países de la región y, de esta manera ampliar la visión.

2. MATERIALES Y MÉTODOS / DESARROLLO

La investigación parte de una revisión bibliográfica sobre estudios realizados en el ámbito de la electromovilidad, para ello, las bases de datos consultadas son Scopus y MDPI, para iniciar con la búsqueda se aplica la palabra electric vehicle generando un total de 209600 resultados, los cuales, ingresan al proceso de revisión sistemática bajo el método PRISMA 2009, mediante el cual, no solo se recaba información de los documentos, sino, permite realizar un análisis detallado de los resultados de estudios sobre el área de investigación (Page et al, 2021). La figura 1 detalla el proceso del método aplicado.

Figura 2.

Proceso sistemático de revisión bibliográfica



Nota. Autores, (2025). Diagrama del proceso del proceso de selección de los estudios sobre vehículos eléctricos en la base de datos Scopus

La búsqueda en Scopus generó 209600 resultados, mismos que debieron ser refinados, iniciando por el periodo que fue de 2020-2025, generando 110852 documentos. La tabla 1 detalla los criterios de inclusión y exclusión aplicados para la selección de las investigaciones

Tabla 1.

Criterios de inclusión y exclusión

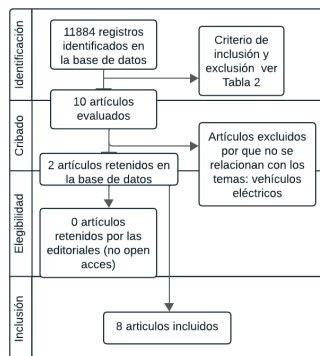
Criterios	Inclusión	Exclusión	Cantidad
Periodo	Artículos publicados de 2020 a 2025.	Publicaciones anteriores a 2020	110852 documentos
Área de estudio	Ingeniería	Todas	79964 documentos
Idioma	Artículos en inglés y español	Artículos en otros idiomas	79964 documentos
Keywords	Electric Vehicle, Electric Vehicles, Electric Vehicles (ev)	Todas	21 documentos
Países	Colombia Argentina, Ecuador y México	Todas	17 documentos
Source type	Artículo	Libros, reportajes, conferencias y reportes de caso	12 documentos
Acceso	Open acces	Gold, platino, oro, bronce	12 documentos

Nota. Autores, (2025)

El mismo proceso fue aplicado a la base de datos MDPI, la cual, se presenta en la figura 2

Figura 3.

Proceso sistemático de revisión bibliográfica



Nota. Autores, (2025). Diagrama del proceso del proceso de selección de los estudios sobre vehículos eléctricos en la base de datos MDPI

La tabla 2 describe los criterios aplicados al proceso de selección de los artículos que ingresan en la revisión bibliográfica

Tabla 2.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios	Inclusión	Exclusión	Cantidad
Periodo	Artículos publicados de 2020 a 2025	Publicaciones anteriores a 2020	11884
Subjects	Engineering	Todas	139 documentos
Journal	Vehicles	Todas	139 documentos
Article type	Articulo	Libros, reportajes, conferencias y reportes de caso	124 documentos
Countries	Colombia, Brasil, México y Uruguay	Todas	10 documentos

Los artículos seleccionados fueron procesados en el programa Atlas-ti, con la finalidad de analizar las tendencias investigativas generadas alrededor del vehículo eléctrico, para ello, se definieron los siguientes nodos, baterías, control de corriente y tensión, freno regenerativo, vehículo eléctrico.

Los nodos fueron definidos en base a una revisión previa de los resúmenes en los documentos encontrados en las bases de datos mencionadas, posterior se presentan los resultados de las tendencias investigativas en una tabla y mediante un diagrama Sankey que relaciona los estudios teóricos que se presentan.

3. RESULTADOS

El análisis de los estudios acerca de electromovilidad en las bases de datos consultadas, generaron una distribución de temáticas, mismas que fueron utilizados en este estudio como nodos, para determinar la coocurrencia que se generaron alrededor del tema. El nodo vehículos eléctricos se encuentra de color azul, el control corriente de tensión de color tomate, las baterías de color morado y freno regenerativo de color gris como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.

Distribución de coocurrencias

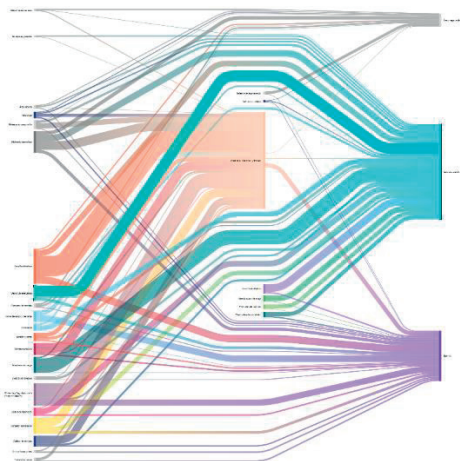
Áreas de investigación	● Baterías Gr=67	● Control de Corriente y Tensión Gr=98	○ Freno regenerativo Gr=29	● Vehículos eléctricos Gr=105
○ Área urbana	2	1	2	4
● Calidad de energía Gr=46	3	20	0	5
● Cargador de baterías Gr=43	7	23	0	12
● Ciclos de carga y descarga Gr=32	17	6	1	5
○ Consumo de energía Gr=26	2	1	4	4
● Contaminación ambiental Gr=23	3	0	0	10
● Control de Corriente y Tensión Gr=98	11	0	1	3
● Costos de operación Gr=50	4	2	0	15
● Demanda energética Gr=78	7	3	1	28
● Desafíos técnicos Gr=136	19	54	3	15
● Eficiencia energética Gr=96	8	23	9	17
● Eficiencia y Seguridad en la Carga de Baterías Gr=83	16	38	0	5
● Emisiones de carbono Gr=21	1	0	0	11
○ Energías renovables Gr=34	2	2	0	6
● Estaciones de carga Gr=73	1	4	0	38
● Infraestructura de carga Gr=34	1	0	0	15
● Movilidad eléctrica Gr=40	4	0	0	20
○ Proceso de carga Gr=7	4	7	0	0

○ Sistema de regeneración Gr=10	1	0	7	0
● Sistemas actuales Gr=50	4	25	0	2
○ Sistemas de propulsión Gr=24	2	14	1	6
○ Telemetría de carreras Gr=17	0	2	2	1
○ Tendencias globales Gr=8	0	1	0	4
● Tensión y carga Gr=28	4	11	0	7
● Transporte Gr=23	1	5	0	13
○ Validación de datos Gr=14	4	3	0	0
● Vehículos híbridos Gr=3	1	0	1	2
● Velocidad Gr=28	3	8	2	3

La distribución de colores es asignada por defecto del programa Atlas-ti, representa los nodos principales que se encuentran los estudios referentes a la electromovilidad. La relación

Figura 4.

Distribución de coocurrencias en el estudio de electromovilidad



Nota. Autores, (2025). Aplicación de diagrama de Sankey para la distribución de los nodos y correlaciones de temáticas alrededor de la electromovilidad

El diagrama presenta 4 grandes tendencias que previamente fueron identificadas en la revisión de los resúmenes, sin embargo, como se puede observar sus coocurrencias se encuentran interconectadas algunas con mayor presencia en comparación con otras lo que será presentado en el siguiente apartado.

4. DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión bibliográfica realizada, genera 4 tendencias de estudios que serán analizadas a partir de preguntas de investigación que han sido planteadas en base a los nodos de las coocurrencias arrojadas por el análisis realizado en el procesamiento de los datos.

¿Cuál es el enfoque para el control de corriente y tensión en el proceso de carga de los vehículos eléctricos?

Se observa que la penetración de VE puede provocar caídas significativas en la tensión nominal en las barras colectoras de la red, lo que puede afectar la estabilidad del sistema. Esto se debe a la desigualdad en la magnitud o los ángulos de fase de las tensiones en redes trifásicas, lo que puede resultar en un desequilibrio de corriente (Robles, Saldarriaga y Zuluaga, 2025).

En los últimos años, ha habido un incremento significativo en la demanda de energía tanto a nivel industrial como residencial. Esto ha llevado a los operadores de red a aumentar sus inversiones en infraestructura y potencia firme, lo que plantea desafíos en la planificación y operación de la red eléctrica. Sin embargo, en cuanto al nodo de control de corriente y tensión, los estudios se encuentran enfocados desde la eficiencia y seguridad de la carga de las baterías, debido a la necesidad de cargarlas de manera eficiente y segura, ya que es un punto fundamental para preservar su vida útil y la confiabilidad del sistema. Esto implica que los métodos de carga deben ser optimizados para evitar daños a las baterías, lo que representa un desafío técnico significativo (Serra y De Angelo, 2021), Además, se enfatiza desde la visión de control de corriente y tensión por el hecho de controlar adecuadamente la corriente y la tensión durante la carga. Esto es necesario para garantizar una recarga segura y eficiente, lo que añade otra capa de complejidad al diseño del sistema de carga (Serra y De Angelo, 2021).

Que, inicialmente en el estudio realizado por Paipa et al (2018) propone que el cargador de baterías debe incluir al menos una etapa de corrección del factor de potencia (PFC) y otra de conversión DC-DC. Debido a que esto no solo mejora la eficiencia del sistema, sino que también permite un control más preciso de las variables operativas, facilitando la carga de las baterías mediante métodos como el de corriente constante-tensión constante. Adicional dentro de este apartado también un elemento de estudio es la distribución incorrecta de las estaciones de carga, lo cual, puede afectar negativamente la calidad de la energía, aumentando parámetros como la frecuencia de interrupción promedio del sistema (SAIFI) y la distorsión armónica total (THD). Que pueden resultar en interrupciones más frecuentes y riesgos de daños a los equipos eléctricos (Lara, Gallego, García, León, Cuaresma y Muñoz, 2025)

¿Cuál es la tendencia que prevalece en la inserción de Vehículos eléctricos?

En los últimos años, los VE han emergido como una alternativa viable a los vehículos de combustión interna, lo que ha generado la necesidad de mejorar su rendimiento y eficiencia (Valdivieso, Galluzzi, Tramacere, Cerpi y Castellanos, 2025) La creciente transición global hacia

los vehículos eléctricos y la búsqueda de una movilidad sostenible han generado una mayor necesidad de sistemas de monitorización y telemetría en tiempo real. Esto debido a que los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) requieren tecnologías que sean escalables y energéticamente eficientes para la adquisición de datos en tiempo real (Pérez, Villa, Gómez, Velázquez, Romero y Jaramillo, 2025)

Sin embargo, el hablar de vehículos eléctricos no solo es centrarse en la conducción o funcionamiento, más bien, en los últimos años las investigaciones se encuentran enfocadas en cómo las diferentes condiciones de conducción afectan el comportamiento del sistema híbrido y la eficiencia general, ya que, es un punto crucial para comprender el rendimiento y las necesidad del nuevo vehículo en pos de mejorar el rendimiento energético en escenarios urbanos, donde las demandas de arranques y paradas son frecuentes (Martinez, Bibiloni, Rivoir, Irimescu y Merola, 2025). De la misma manera un respaldo de la red de distribución eléctrica es un punto crítico que se evidencia en la revisión realizada, sobre todo, porque si se aborda a la carga de energía desde el flujo unidireccional, esto limita la capacidad del vehículo para adaptarse a las nuevas demandas y fuentes de energía. Tal como lo menciona el estudio realizado por Nitola et al (2021), quien menciona que esta unidireccionalidad requiere que los operadores realicen estudios frecuentes para garantizar un suministro continuo de energía, llevándolo a ser restrictivo, es decir, limitar la conducción a ciertos puntos de parada y por áreas preestablecidas.

Este comportamiento ha generado una demanda de energía que se suma a las demandas ya existentes del sector industrial y residencial, lo cual, ha llevado a los operadores de red a incrementar sus inversiones en infraestructura y potencia firme, planteando desafíos en la planificación y operación de la red eléctrica (Costa y Melián, 2023), a pesar de estas iniciativas la red de distribución eléctrica fue diseñada para un flujo unidireccional de energía, lo que limita su capacidad para adaptarse a las nuevas demandas y fuentes de energía, es decir, la investigación sobre la ubicación óptima de estaciones de carga para vehículos eléctricos en redes de distribución son el desafío que se presenta como tendencia investigativa (Lara, Gallego, García, León, Cuaresma y Muñoz, 2025). Desde la investigación realizada por Robles et al (2025) se puede observar que, a pesar de los beneficios potenciales de los VE, su integración en las redes de distribución activa presenta numerosos desafíos. Estos incluyen el aumento del consumo eléctrico, la degradación del perfil de voltaje y la evaluación de la capacidad de alojamiento para la integración de VE en las redes, lo cual, nos lleva al análisis de la ultima tendencia investigativa que es el tipo de batería que se emplea y como los sistemas aledaños a él mejoran la autonomía energética.

¿Qué sucede con las baterías de los vehículos eléctricos?

La autonomía es un aspecto crítico para los consumidores al elegir un vehículo. Se señala que la distancia máxima que un vehículo puede recorrer con una sola carga es un parámetro fundamental, lo que ha llevado a la necesidad de desarrollar sistemas que permitan la recarga de baterías mientras el vehículo está en movimiento, sin depender de puntos de carga fijos (Monroy, Siachoque, Durán y Marulanda, 2020). Es por ello que una de las principales preocupaciones por

parte del usuario para la aceptación y uso masivo de los VE es su autonomía de manejo limitada. Este factor es crucial, ya que afecta la percepción del consumidor sobre la viabilidad de los VE en comparación con los vehículos convencionales de combustión interna (Valladolid, Calle y Guiracocha, 2023)

Además, se han identificado en el mercado que los dispositivos de rastreo de vehículos no permiten registrar ni acceder a datos de velocidad y consumo energético con la frecuencia de muestreo requerida. Esto limita la capacidad de análisis y optimización del rendimiento de los vehículos (Quirama, Giraldo, Mejia y Tibaquirá, 2025). Lo cual, es una desventaja frente a los vehículos de combustión, ya que, el rastreo permite conocer segundo a segundo el comportamiento del vehículo y, esto combinado con los sistemas de freno regenerativo que utilizan los VE pueden alargar la autonomía del automóvil, ya que, la capacidad de recuperar parte de la energía perdida durante el proceso de frenado no solo ayuda a mejorar la eficiencia energética, sino que también contribuye a aumentar la autonomía del vehículo (Valladolid, Calle y Guiracocha, 2023), adicional, el estudio realizado por Hidalgo (2021) menciona que también la implementación de un método de velocidad diferencial es crucial para la maniobrabilidad de los vehículos eléctricos. Este aspecto técnico resalta la complejidad del control de estos vehículos y la necesidad de desarrollar un esquema de control robusto que garantice su estabilidad y rendimiento

Las investigaciones están enfocadas a incorporar sistemas auxiliares que permitan no solo un manejo amigable, sino que buscan alternativas para aumentar de manera progresiva la autonomía de las baterías utilizadas en los VE, ya que, la batería es un componente crítico en estos automóviles, y su monitoreo preciso es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente. Lo cual, no solo conlleva a la incorporación de sistemas sino, la inclusión de tecnologías basadas en algoritmos que puedan estimar con precisión el estado de carga (SOC) de las baterías, lo que es fundamental para la operatividad de los vehículos eléctricos (Martínez, Rosado y Bañuelos, 2024). Como se puede observar un VE no solo tiene la necesidad de auxilio en el manejo, que es un punto importante sino, que el garantizar una vida útil de sus componentes es el desafío presente y, las baterías son uno de esos puntos, ya que, si la autonomía disminuye ya no es viable su uso en un VE, por ende, su desecho será inevitable. Sin embargo, en el estudio Deonei et al (2024) determinaron que las baterías retiradas son esenciales para la movilidad eléctrica, pero su estado de salud (SOH) debe ser superior al 80% para ser efectivas en aplicaciones de alta demanda, como automóviles eléctricos. Esto plantea un desafío significativo, ya que muchas baterías no alcanzan este umbral después de su uso inicial, pero pueden ser utilizadas en ámbitos relacionados con la electromovilidad y ya no precisamente en VE.

5. CONCLUSIONES

El análisis presentado identifica que la penetración masiva de vehículos eléctricos (VE) representa un desafío multifactorial para la estabilidad y calidad de las redes de distribución eléctrica. Técnicamente, se destaca que la carga no coordinada de VE puede provocar caídas de tensión

significativas y desbalances en fases, comprometiendo la estabilidad del sistema debido a la desigualdad en magnitud o ángulos de fase. Adicionalmente, una distribución incorrecta de estaciones de carga exacerba estos problemas, incrementando índices de confiabilidad como el SAIFI y degradando la calidad de la energía con una mayor distorsión armónica total (THD).

Desde el punto de vista del control de la carga, el desafío se centra en la gestión eficiente y segura de las baterías. Se requiere una arquitectura de cargador que integre, como mínimo, una etapa de corrección del factor de potencia (PFC) y una de conversión DC-DC. Esta configuración es esencial no solo para optimizar la eficiencia, sino para permitir estrategias de carga precisas (como CC-CV) que preserven la vida útil de la batería y aseguren la confiabilidad del sistema.

Los vehículos eléctricos (VE) en la red de distribución identifica un desafío sistémico que abarca desde el vehículo hasta la infraestructura de potencia. Se constata que el núcleo del problema es la incompatibilidad operativa entre la naturaleza dinámica y bidireccional de la energía en los VE y la arquitectura tradicional de las redes, diseñadas para un flujo unidireccional y pasivo. Esta discordancia genera impactos críticos: aumento del consumo eléctrico agregado, degradación del perfil de voltaje y limitaciones en la capacidad de alojamiento de la red.

Técnicamente, la solución requiere una evolución en múltiples capas. En el nivel del vehículo, la investigación se orienta a optimizar el rendimiento de sistemas híbridos y baterías bajo condiciones reales de conducción (ciclos urbanos con frecuentes arranques/paradas), así como a implementar sistemas avanzados de telemetría y monitorización para una gestión energética en tiempo real. En el nivel de infraestructura, el principal desafío de ingeniería es la ubicación óptima de estaciones de carga, un problema de planificación que debe minimizar los impactos en la calidad del servicio (SAIFI, THD) y maximizar la resiliencia de la red.

El desafío central para la adopción masiva del vehículo eléctrico (VE) no es únicamente la autonomía nominal de la batería, sino la gestión integral y en tiempo real de la energía a bordo. La limitada distancia por carga es un factor determinante para el usuario, pero su solución no reside solo en aumentar la densidad energética de las baterías. Técnicamente, se requiere un enfoque sistémico que combine la optimización del consumo con la recuperación y el diagnóstico preciso del estado del sistema de almacenamiento.

Se identifican tres pilares tecnológicos clave para abordar este problema. Primero, la implementación de sistemas de telemetría de alta frecuencia que permitan monitorear velocidad y consumo energético en tiempo real es fundamental para optimizar algoritmos de eficiencia. Segundo, tecnologías de frenado regenerativo avanzado y esquemas de control robusto de velocidad diferencial son esenciales para maximizar la recuperación de energía y la estabilidad dinámica, impactando directamente la autonomía útil. Tercero, el desarrollo de algoritmos precisos de estimación del Estado de Carga (SOC) y Estado de Salud (SOH) es crítico para garantizar un funcionamiento seguro, predecible y para extender la vida útil de la batería.

El incrementar la autonomía efectiva es un problema de ingeniería de sistemas de control y

gestión de datos. La viabilidad técnica del VE depende de la integración sinérgica de estos subsistemas telemetría, recuperación de energía y diagnóstico de batería para maximizar la eficiencia de cada kilovatio/hora almacenada, mitigando la ansiedad de rango del usuario. Adicionalmente, la consideración del SOH abre la puerta a modelos de economía circular, donde baterías con menos del 80% de salud pueden reutilizarse en aplicaciones de segunda vida, optimizando el ciclo de vida completo del recurso más crítico del vehículo eléctrico.

6. REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2021). Estrategia nacional de electromovilidad para Ecuador
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Estudio Económico de América Latina y el Caribe, 2020 (LC/PUB.2020/12-P), Santiago.
- Costa, D. D., & Cobas, V. R. (2023). Electric Vehicles Charged with Solar-PV: A Brazilian Case Study for 2030. *Vehicles*, 5(4), 1743-1759. <https://doi.org/10.3390/vehicles5040095>
- Deonei-Gotz, J., Galvão, J. R., Corrêa, F. C., Badin, A. A., Siqueira, H. V., Viana, E. R., Converti, A., & Borsato, M. (2024). Random Forest-Based Grouping for Accurate SOH Estimation in Second-Life Batteries. *Vehicles*, 6(2), 799-813. <https://doi.org/10.3390/vehicles6020038>
- Eckert, J. J., Santiciolli, F. M., Silva, L. C., Corrêa, F. C., & Dedini, F. G. (2020). Design of an Aftermarket Hybridization Kit: Reducing Costs and Emissions Considering a Local Driving Cycle. *Vehicles*, 2(1), 210-235. <https://doi.org/10.3390/vehicles2010012>
- IPCC (2021), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge/New York, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2022), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, P. R. Shukla y otros (eds.), Cambridge, Cambridge University Press.
- Martinez-Boggio, S., Bibiloni, S., Rivoir, F., Irimescu, A., & Merola, S. (2025). Mitigating Power Deficits in Lean-Burn Hydrogen Engines with Mild Hybrid Support for Urban Vehicles. *Vehicles*, 7(3), 88. <https://doi.org/10.3390/vehicles7030088>
- Monroy, C. C., Siachoque, C. A., Durán-Tovar, I. C. y Marulanda-Guerra, A. R. (2020). Comparative Study of Regenerative Braking System and Regeneration with Constant Kinetic Energy in Battery-based Electric Vehicles, *Ingeniería*, 25,(3),305-322, DOI:<https://doi.org/10.14483/23448393.16620>
- Nitola, A., Marin, J., & Rivera, S. (2021). Scheduling of a Microgrid with High Penetration of Electric Vehicles Considering Congestion and Operations Costs. *Vehicles*, 3(3), 578-594. <https://doi.org/10.3390/vehicles3030035>
- OECD et al. (2022), Perspectivas económicas de América Latina 2022: Hacia una transición verde

y justa, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f2f0c189-es>.

- Pérez-González, A., Villa-Salazar, A. F., Gomez-Miranda, I. N., Velásquez-Gómez, J. D., Romero-Maya, A. F., & Jaramillo-Duque, Á. (2025). An IoV-Based Real-Time Telemetry and Monitoring System for Electric Racing Vehicles: Design, Implementation, and Field Validation. *Vehicles*, 7(4), 128. <https://doi.org/10.3390/vehicles7040128>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Robles-Lozano, G., Saldarriaga-Zuluaga, S.D., Zuluaga-Ríos, C. D. (2025). Performance assessment and impact of electric vehicles penetration in active distribution grids, *Revista Facultad de Ingeniería*, <https://www.doi.org/10.17533/udea.redin.20240724>
- Serra, F. M. y De Ángelo, C. H. (2021). Control de un cargador de baterías para vehículos eléctricos con factor de potencia unitario. *TESEA*, 1(2), 33-44, DOI: 10.32397/tesea.vol2.n1.3
- Valdivieso-Soto, A., Galluzzi, R., Tramacere, E., Cespi, R., & Castellanos Molina, L. M. (2025). Lyapunov-Based Pitch Control for Electric Vehicles Using In-Wheel Motors. *Vehicles*, 7(2), 37. <https://doi.org/10.3390/vehicles7020037>