



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Tecnología Superior en Electricidad

Análisis del impacto de la incorporación de vehículos eléctricos en la red eléctrica de baja tensión de la ciudad Cuenca, Ecuador

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electricidad

Autores

Jhostyn Ahisack Marín Maldonado

Daniel Fernando Loja Granda

Director

Ing. Diego Mogrovejo Narváez

Cuenca – Ecuador

2026

Dedicatoria

En cada paso de este camino hubo esfuerzo, dudas y noches que parecían no terminar, pero también hubo amor, apoyo y razones para no rendirse.

A mis padres, quienes son el corazón de este logro. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio silencioso, por cada consejo a tiempo y por nunca soltar mi mano, incluso cuando el camino se volvía difícil. Ustedes creyeron en mí cuando yo dudaba, y fueron la fuerza que me levantó una y otra vez. Todo lo que soy y todo lo que he logrado, se los debo a ustedes. Este título es, sin duda, también suyo, porque se merecen lo mejor de mí y mucho más.

A mi hermanito, por ser una de mis mayores razones para seguir adelante, por inspirarme a dar lo mejor de mí y por quien también luché para llegar hasta aquí. Este logro es un ejemplo de que los sueños sí se cumplen.

Y a una persona especial que con su presencia lo decía todo. Gracias por tu apoyo y por darme fuerzas cuando sentía que no podía.

Este título no solo representa un logro académico, sino todo el camino recorrido junto a ustedes.

Jhostyn Ahisack Marín Maldonado

A la memoria de mi madre Zoila Rodolfina Granda Sáenz, quien ahora me cuida desde la eternidad. Aunque tus ojos no puedan leer estas líneas, tu luz es la que guio cada una de mis noches de desvelo y tu fuerza la que me impulsó a no rendirme. Este título es el cumplimiento de la promesa que te hice de ser alguien en la vida. A mi familia, por ser mi soporte en la tierra, por abrazar mis ausencias durante este proceso y por enseñarme que el amor es el único capaz de transformar los sueños en realidades.

Daniel Fernando Loja Granda

Agradecimientos

Este logro no nace de un solo esfuerzo, sino de un camino lleno de aprendizaje, oportunidades y personas que dejaron huella en cada paso.

Agradezco profundamente a la Universidad del Azuay, por haberme brindado no solo la oportunidad de formarme académicamente, sino también de crecer como persona. Cada experiencia vivida en clases virtuales aportó a la construcción de este resultado.

De igual manera expreso a mi tutor Ing. Diego Mogrovejo por su orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Sus enseñanzas, observaciones y exigencia fueron clave para alcanzar este objetivo.

Expreso mi gratitud a la Universidad del Azuay, por haberme permitido formarme y brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional, a Prime Energy por haberme dado la oportunidad de realizar mis prácticas preprofesionales.

De manera especial, agradezco a mi tutor, el Ing. Diego Mogrovejo, cuya orientación fue la brújula que permitió llevar a buen puerto esta investigación. Sus recomendaciones constructivas y su alto nivel de exigencia no solo pulieron la rigurosidad de esta tesis, sino que transformó mi manera de abordar los problemas técnicos. Gracias por enseñarme que la excelencia no es un destino, sino un hábito que se cultiva con disciplina y constancia.

Resumen

El presente trabajo académico analiza el impacto de la incorporación de vehículos eléctricos (VE) en la red de baja tensión (BT) en Cuenca, Ecuador, a través de una revisión bibliográfica y documental. Para alcanzar este objetivo, se identificaron y caracterizaron las características de carga de los VE que circulan en la ciudad y se compararon con la capacidad actual de la red, además se evaluaron sus efectos en términos de caídas de tensión, sobrecargas y desbalance de fases en cada elemento de distribución. Los resultados muestran que una carga simultánea de los VE, particularmente en horarios de máxima demanda residencial, aumenta los efectos negativos en la red, para ello, se propone una serie de medidas de mitigación que incluyen la incorporación de sistemas inteligentes de carga, refuerzo de la infraestructura eléctrica y tarifas diferenciadas de acuerdo con la hora de carga, con el propósito de favorecer una integración sostenible y segura de la movilidad eléctrica.

Palabras clave: *vehículo eléctrico, red de baja tensión, sobrecarga, transformadores, demanda, gestión energética.*

Abstract

This academic study analyzes the impact of the integration of electric vehicles (EVs) into the low-voltage (LV) grid in Cuenca, Ecuador, through a literature and documentary review. To achieve this objective, the charging characteristics of EVs operating in the city were identified and characterized and compared with the grid's current capacity; furthermore, their effects in terms of voltage drops, overloads, and phase imbalance were evaluated for each distribution element. The results show that simultaneous EV charging, particularly during peak residential demand hours, worsens negative effects on the grid. Consequently, a series of mitigation measures is proposed, including the implementation of smart charging systems, reinforcement of the electrical infrastructure, and time-of-use pricing, with the aim of promoting the sustainable and safe integration of electric mobility.

Keywords: *electric vehicle, low-voltage network, overload, transformers, demand, energy management.*

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xii
Introducción	1
Problemática	2
Justificación	2
Marco teórico	3
Movilidad eléctrica	3
Evolución de los VE	6
Ventajas y desventajas de los VE	7
Situación de los VE en Ecuador y Latinoamérica	8
Electrolineras	9
Elementos de una electrolinera	11
Diagrama básico de una estación de carga residencial para dos vehículos	14

Potencia de carga de los VE.....	15
Transformadores	18
Transformadores de baja tensión	18
Sobrecarga.....	19
Armónicos.....	19
Desequilibrio de fases	20
Factores que ocasionan el desequilibrio de fases.....	20
Efectos del desequilibrio de fases por carga de vehículos eléctricos.....	21
Consumo energético de los VE.....	22
Perfiles de demanda	23
Simultaneidad de carga de VE.....	24
Redes eléctricas de distribución.....	25
Objetivos	26
Objetivo general.....	26
Objetivos específicos	26
Alcance del trabajo	26
Materiales y métodos	26
Materiales utilizados	27
Descripción del Procedimiento	27
Desarrollo.....	29
Revisión sistemática.....	29

Características de los vehículos eléctricos	29
Evaluación de los elementos de la red de baja tensión	43
Electrolíneas existentes en la ciudad de Cuenca	48
Estrategias de reducción de consumo energético.....	50
Resultados	55
Demanda energética de los VE	55
Impactos en los perfiles de carga	56
Evaluación en los transformadores de distribución	56
Caídas en la tensión de la red.....	57
Desbalance de fases	58
Conclusiones	63
Referencias.....	64

Índice de tablas

Tabla 1. <i>VE empleados como Taxis</i>	40
Tabla 2. <i>Resumen de la norma IEC 61851</i>	42
Tabla 3. <i>Tipos de infraestructura de carga</i>	47
Tabla 4. <i>Estaciones de carga</i>	49
Tabla 5. <i>Relación entre problemas en la red de baja tensión y estrategias de mitigación en la ciudad de Cuenca</i>	52
Tabla 6. <i>Demanda energética</i>	55
Tabla 7. <i>Perfiles de carga</i>	56
Tabla 8. <i>Capacidad de transformadores frente a la inclusión de VE</i>	57
Tabla 9. <i>Caídas de tensión</i>	58
Tabla 10. <i>Desbalance de fases</i>	58
Tabla 11. <i>Estrategias para mitigar el deterioro de la red BT</i>	59

Índice de figuras

Figura 1. <i>Movilidad Eléctrica</i>	3
Figura 2. <i>Bicicleta eléctrica</i>	4
Figura 3. <i>Scooter</i>	4
Figura 4. <i>Moto eléctrica</i>	5
Figura 5. <i>Tesla Model S.</i>	5
Figura 6. <i>Primer vehículo eléctrico</i>	6
Figura 7. <i>Venta de VE en Latinoamérica</i>	9
Figura 8. <i>Electrolineras</i>	10
Figura 9. <i>Diagrama de una electrolinera</i>	13
Figura 10. <i>Diagrama unifilar de una estación de carga residencial</i>	14
Figura 11. <i>Modo 1</i>	15
Figura 12. <i>Modo 2</i>	16
Figura 13. <i>Modo 3</i>	17
Figura 14. <i>Modo 4</i>	17
Figura 15. <i>Transformadores</i>	18
Figura 16. <i>Transformadores de baja tensión</i>	19
Figura 17. <i>Comparación entre cargas lineales y no lineales</i>	19
Figura 18. <i>Consumo energético de los VE</i>	22
Figura 19. <i>Modelo E-TRON</i>	30
Figura 20. <i>Modelo RICH 7</i>	31

Figura 21. Modelo VE6	32
Figura 22. Modelo T3	33
Figura 23. Modelo EQA	34
Figura 24. Modelo SEALION 7 VE	35
Figura 25. Modelo BYD YUAN PLUS	36
Figura 26. Modelo BYD E5	37
Figura 27. Modelo BYD EV5	38
Figura 28. Modelo KIA SOUL	39
Figura 29. Estaciones de carga (electrolineras), en Ecuador	47
Figura 30. Electrolineras en Cuenca	48

Índice de anexos

Anexo I. Trabajos Académicos Analizados.....	71
--	----

Introducción

La inclusión de vehículos eléctricos o VE en el parque automotriz global se muestra como un avance importante dentro de la movilidad, sin embargo, plantea retos significativos para los sistemas de distribución eléctrica, particularmente en metrópolis en desarrollo.

Los VE nacen como una solución para mitigar la emisión de gases contaminantes de la industria automotriz. Sin embargo, la red de distribución de BT (baja tensión) esbozada para solventar la demanda energética de residencias y pequeños negocios afronta desafíos técnicos ligados a la carga de los VE, mostrando picos de consumo en horarios nocturnos, que aumentan la demanda máxima en alimentadores ocasionando sobrecargas y caídas de tensión. De acuerdo con Rendon et al. (2025), el aumento del parque automovilístico eléctrico impacta la calidad del flujo eléctrico, generan riesgos de desequilibrios y sub-tensiones si no se gestionan adecuadamente las infraestructuras de carga tanto públicas como privadas (residenciales). En Latinoamérica, varios estudios, como el desarrollado por Banegas et al. (2024) y Barbecho et al. (2022), muestran que el uso de estaciones de carga de forma masiva y simultánea sobrecargan los transformadores y provocan caídas de tensión.

La infraestructura eléctrica de baja tensión no ha sido diseñada para soportar circunstancias de alta penetración de las infraestructuras de carga de los VE, fundamentalmente cuando se consideran cargadores rápidos y ultrarrápidos operando simultáneamente. Estos modos de carga, que pueden requerir potencias unitarias de más de 50 kW en modo rápido y hasta 150 kW en su modo ultrarrápido por punto de carga, ocasionan impactos significativos en los alimentadores eléctricos, transformadores y elementos de protección, como desequilibrio de fases y asimetrías de corriente (Cuenca et al. 2025).

Otro efecto considerable es el desequilibrio de fases en redes trifásicas, particularmente cuando las estaciones de carga no están correctamente distribuidas entre fases lo que puede provocar asimetrías de corriente, aumentando las pérdidas técnicas y sobrecalentamientos en conductores (Calo et al. 2023).

Bajo este escenario, resulta imperante estudiar el impacto que la carga de VE puede ocasionar en la red de BT, con el fin de identificar posibles afectaciones y establecer criterios básicos que permitan una integración adecuada. El presente trabajo busca aportar

información técnica sustentada en revisión bibliográfica, sirviendo como referencia para estudiantes y técnicos.

Problemática

El aumento significativo y progresivo de los VE en el parque automotriz cuencano, representa una alternativa para mitigar las emisiones de contaminantes, sin embargo, su incorporación masiva presenta desafíos importantes en las redes de baja tensión, las cuales están diseñadas para cargas residenciales y comerciales dentro de esta categoría, como tiendas, restaurantes, entre otros. Bajo este contexto, la red eléctrica con la que cuenta la ciudad de Cuenca no necesariamente tiene la capacidad operativa para albergar nuevas demandas eléctricas asociadas a la infraestructura eléctrica de carga de VE, ya sean públicos o privados de carga normal, rápida y ultrarrápida.

Desde una perspectiva integral la carga simultánea de VE sin una gestión inteligente puede causar deterioros en la estabilidad operativa de la red de distribución, incrementando los índices de fallas, interrupciones en el flujo eléctrico y un mayor gasto por tareas de mantenimiento. Frente a ello, Calo et al. (2023) y Cuenca et al. (2025), mencionan que, sin una estrategia de control, tarifas de acuerdo con el horario de carga, almacenamiento energético y un refuerzo de la infraestructura, la red eléctrica se vuelve un impedimento para la expansión del mercado automovilístico eléctrico.

Bajo este sentido, nace la urgencia de analizar el impacto que puede ocasionar la inclusión progresiva de VE en la ciudad de Cuenca, Ecuador, particularmente en su red de distribución eléctrica de baja tensión. Entender estos posibles problemas/efectos acerca de la demanda del voltaje, capacidad de transformadores y desbalances de las fases posibilitará la construcción de criterios técnicos orientados a contribuir a una integración eficiente, y segura de los VE, asegurando una confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico BT (Guerrero, 2023).

Justificación

El análisis del impacto técnico que la inclusión de VE puede ocasionar en la red BT en la ciudad de Cuenca, permitirá reconocer posibles efectos y aporta información técnica fundamentada en la revisión de bibliografía especializada, apoyando a la integración eficiente y segura de la movilidad eléctrica en el sistema eléctrico nacional de baja tensión.

Marco teórico

Movilidad eléctrica

A la movilidad eléctrica se la puede definir como la incorporación de avances tecnológicos para movilizarse, ya sea con bicicletas, scooters, motocicletas y vehículos eléctricos. Este nuevo tipo de movilidad se presenta como una de las alternativas para reducir y mitigar el daño ambiental y los efectos en el cambio climático.

Figura 1.

Movilidad Eléctrica



Nota. Adaptado de (Urbanmotors, 2021)

La movilidad eléctrica o movilidad sostenible, ofrece varios beneficios que varios gobiernos entregan como estacionamientos gratuitos, preferenciales, lugares de carga, reducciones o exoneraciones en matriculaciones, entre otros, sin dejar de lado a los beneficios sociales, ayudas económicas y ventajas ambientales (Linares, 2023).

Dentro de la movilidad eléctrica, se consideran 4 tipos de vehículos:

A. Bicicletas eléctricas

Tienen un sistema de baterías y un sistema de pedaleo asistido, lo que posibilita la combinación de un ejercicio con desplazamientos asistidos, existen varios modelos, y de acuerdo con la capacidad de la batería que ofrecen pueden alcanzar una autonomía de

hasta 80 km con una velocidad máxima de entre 20 a 25 km/h, de acuerdo con la capacidad y marca de la bicicleta.

Figura 2.

Bicicleta eléctrica



Nota. Adaptado de (Automagazine, 2022)

B. Scooters

Son patinetas eléctricas, una opción liviana, práctica y sobre todo amigable con el ambiente, estos dispositivos tienen una autonomía de hasta 60 kilómetros.

Figura 3.

Scooter



Nota. Adaptado de (Ecomove, 2025)

C. Motos

Son silenciosas, dependiendo de su marca y modelo pueden tener una autonomía que supera los 120 km, teniendo modelos más simples con una autonomía de 80 km.

Figura 4.

Moto eléctrica



Nota. Adaptado de (Automagazine, 2021)

D. Autos eléctricos

Conocidos como VE, contienen motores de última tecnología, capaces de superar la eficiencia de los vehículos convencionales con una autonomía de hasta 1 000 km, con velocidades, que generalmente, superan a sus similares de las mismas características, pero con motores de combustión. Los autos eléctricos son eficientes y en la actualidad son económicos y necesitan poco mantenimiento, y si se consideran las previsiones de fabricantes, técnicos en movilidad urbana y entusiastas por la tecnología el futuro de la movilidad será eléctrica.

Figura 5.

Tesla Model S.



Nota. Adaptado de (Tesla, 2026)

Evolución de los VE

El concepto de vehículo eléctrico nace a mediados del siglo XIX, cuando Anderson y Davenport experimentaron con carruajes eléctricos rudimentarios, sin embargo, fue Thomas Edison quien, gracias a su invención de baterías de níquel-hierro, asentó las bases para vehículos eléctricos más sólidos. Este tipo de vehículos tuvieron una gran acogida, principalmente por su bajo nivel de ruido y emisiones, no obstante, su autonomía y bajo costo de la gasolina freno su avance.

Figura 6.

Primer vehículo eléctrico



Nota. Adaptado de (BBVA, 2023)

Después de este contratiempo, los VE alcanzaron una nueva ola de popularidad en el siglo anterior, particularmente durante la crisis petrolera de 1970, cuando los principales productores de vehículos incorporaron modelos eléctricos, pero tenían dos grandes inconvenientes, su alto costo y carencia de infraestructuras de carga.

Con la llegada del siglo XXI y el nuevo enfoque hacia la sostenibilidad ambiental, los automóviles ecológicos obtuvieron nuevamente un pico de popularidad, debido a los progresos en la tecnología, descubrimiento de nuevas baterías, reciclaje y la posibilidad de contar con modelos llamativos, este interés no desapareció.

Uno de los grandes aciertos para que se popularice los VE, es el avance en las investigaciones en nuevas tecnologías de almacenamiento energético, una de ellas es el descubrimiento de las baterías de Ion-litio, las cuales, al tener una gran densidad energética brindan una mayor autonomía y cargas completas en menor tiempo, haciéndolos más accesibles a una gran parte de la población mundial, dejando de lado el estereotipo de que este tipo de vehículos era destinado para multimillonarios y entusiastas de la tecnología (Castillo et al. 2025).

Ventajas y desventajas de los VE

La movilidad eléctrica incorpora una nueva manera en la forma de conducir que cambia los paradigmas establecidos acerca del uso de los vehículos de uso diario, debido a la tecnología que incorporan y las ventajas significativas que poseen, entre ellas se tiene:

- Rendimiento uniforme
- Potencia superior, en contraste con sus similares de combustión
- Bajo costo operativo
- Cero emisiones de contaminantes
- Silencioso
- Cuenta con incentivos gubernamentales
- Tecnología avanzada
- Gran autonomía

A pesar de contar con varias ventajas, los VE también cuentan con ciertas consideraciones que se deben evaluar para ejecutar una transición eléctrica como:

- Mayor inversión inicial
- Tiempo de carga versus reabastecimiento de gasolina/diésel
- Duración de la batería
- Costo de reemplazo de la batería
- Autonomía real en condiciones climáticas variables, como las que se presentan en Latinoamérica.
- Carencia de infraestructuras de carga

Situación de los VE en Ecuador y Latinoamérica

De acuerdo con *El Comercio (2026)*, la movilidad eléctrica en Ecuador ha incrementado su participación gracias a una oferta más diversa, pasando de 31 modelos disponibles en 2022 a 65 modelos en 2025. Este aumento en la oferta de vehículos posibilita que nuevos segmentos poblacionales accedan a este tipo de tecnologías limpias, además de las exoneraciones de impuestos y aranceles, exención de horarios de restricción de movilidad vehicular y otras ventajas.

En el comparativo latinoamericano, Ecuador se muestra como un referente en cuanto a la movilidad eléctrica, puesto que, registra un aumento del 189.4 % en ventas entre enero y octubre del año pasado, superando en gran medida a mercados como el chileno y peruano, colocándose con países que incorporan todos sus esfuerzos en la movilidad eléctrica como Uruguay y Colombia, si bien Brasil y México son los líderes en ventas absolutas, en gran parte por su densidad poblacional, Ecuador sobresale por su acelerada demanda y ritmo de adopción.

Figura 7.

Venta de VE en Latinoamérica



Nota. Adaptado de Asociación Latinoamericana de Distribuidores de Automotores (2025).

Electrolineras

Las electrolineras o estaciones de carga para vehículos eléctricos son sitios destinados para brindar servicios de carga de baterías para VE, estos lugares, operan como gasolineras, puesto que se carga las baterías como si se tratara de llenar el tanque de gasolina de un vehículo convencional. Estos sitios suelen ofrecer varios sistemas de carga, pasando por cargas lentas, rápidas y ultrarrápidas, brindando cargas completas de entre 12 horas o sólo unos pocos minutos suficientes para desplazarse con normalidad,

cada tipo de carga dependerá del modelo del VE la capacidad de la batería y el tipo de conector que ofrece la estación de carga.

Las estaciones de carga, al igual que las gasolineras pueden operar de forma autónoma es decir que pueden operar como estaciones de autoservicio, en donde, en lugar de pagar por algún combustible derivado del petróleo como gasolina o diésel, se cancela un valor proporcional a la energía empleada para recargar la batería del VE.

Gracias a que existe una tendencia marcada por la adopción de vehículos eléctricos, que cada día va en aumento, es lógico pensar que se requieren más estaciones de carga, situadas en zonas de alto tráfico vehicular como avenidas, parques y centros comerciales (Talavera, 2025).

Figura 8.

Electrolineras



Nota. Adaptado de Mapfree, 2025

El proceso de funcionamiento de una electrolinera es sencillo

1. Conectar el vehículo a una de las estaciones de carga con su respectivo cargador.
2. Esperar un tiempo de acuerdo con la tecnología de carga (rápida o convencional).
3. Al final de este proceso el VE tiene una batería llena y cero emisiones contaminantes.

Algunas electrolineras incluso operan con energía renovable, lo que las hace aún más amigables con el planeta (Talavera, 2025).

Elementos de una electrolinera

Una electrolinera requiere de varios elementos y sistemas para su funcionamiento que parte desde:

1. Acceso al sistema eléctrico nacional

Es la toma de energía de la red eléctrica de distribución nacional en baja tensión para el uso directo de carácter residencial o comercial dependiendo de la extensión y puertos disponibles para la carga de los vehículos eléctricos.

2. Transformador

Es el encargado de reducir la tensión desde media tensión o baja tensión a voltajes manejables dentro de la electrolinera (120/240/400 V).

Es un elemento fundamental en electrolineras.

3. Tablero eléctrico

Encargado de repartir la energía hacia los demás componentes del sistema y los cargadores.

Incluye protecciones como:

- Interruptores automáticos
- Fusibles
- Relés de protección

4. Sistema de carga

Es el componente principal donde se conecta el vehículo, existen principalmente tres métodos de carga dependiendo de la forma de uso:

- Carga lenta (Nivel 1): uso doméstico
- Carga semi-rápida (Nivel 2): uso comercial
- Carga rápida (DC): electrolineras públicas

5. Componentes del cargador:

- Convertidor AC/DC

- Controlador electrónico
- Interfaz de usuario

6. Conectores y cables

Permiten la conexión física con el vehículo eléctrico.

- Tipo 1 (SAE J1772)
- Tipo 2 (Mennekes)
- CCS (Combined Charging System)
- CHAdeMO

7. Sistema de control y monitoreo

Gestiona el funcionamiento de la electrolinera y permite:

- Supervisión en tiempo real
- Control de carga
- Gestión de usuarios

8. Sistema de protección

Garantiza la seguridad de usuarios y equipos, generalmente cuentan con protecciones de:

- contra sobrecargas
- Cortocircuitos
- Sobretensiones
- Fallas a tierra

9. Comunicación externa

Permite la interacción entre usuario y la planta

- Protocolos como OCPP (Open Charge Point Protocol)
- Conexión a internet o red local.

10. Interfaz de usuario

- Iniciar la carga

- Consultar estado
- Realizar pagos
- Apps o tarjetas electrónicas.

11. Contador eléctrico de DC

- Facturación

12. Sistemas de respaldo

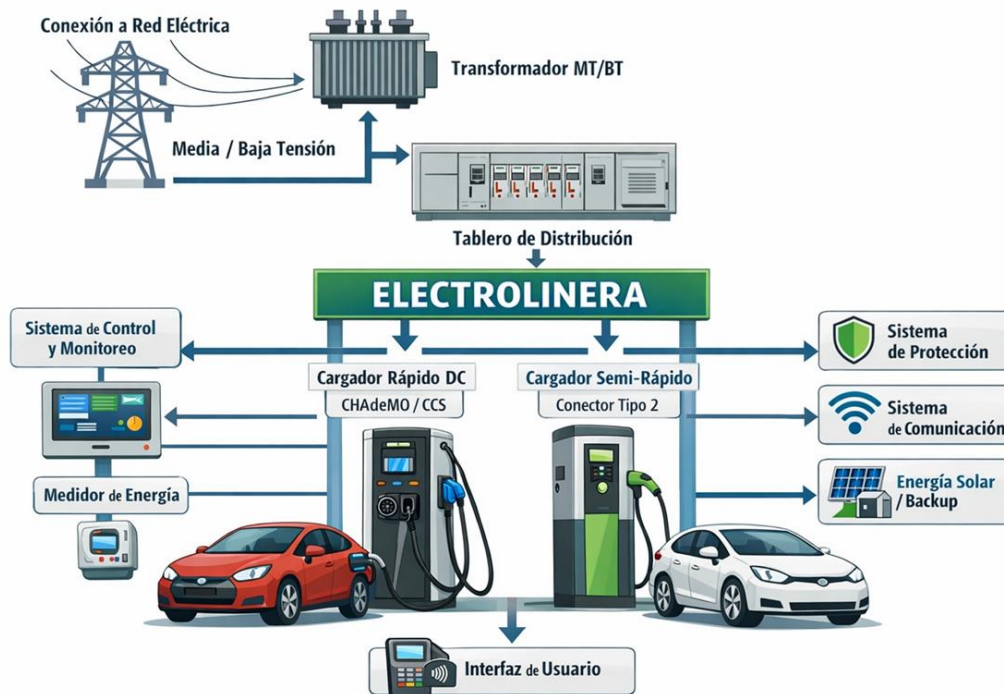
- Paneles solares
- Baterías de almacenamiento
- Generadores

13. Infraestructura física

- Estacionamientos designados

Figura 9.

Diagrama de una electrolinera



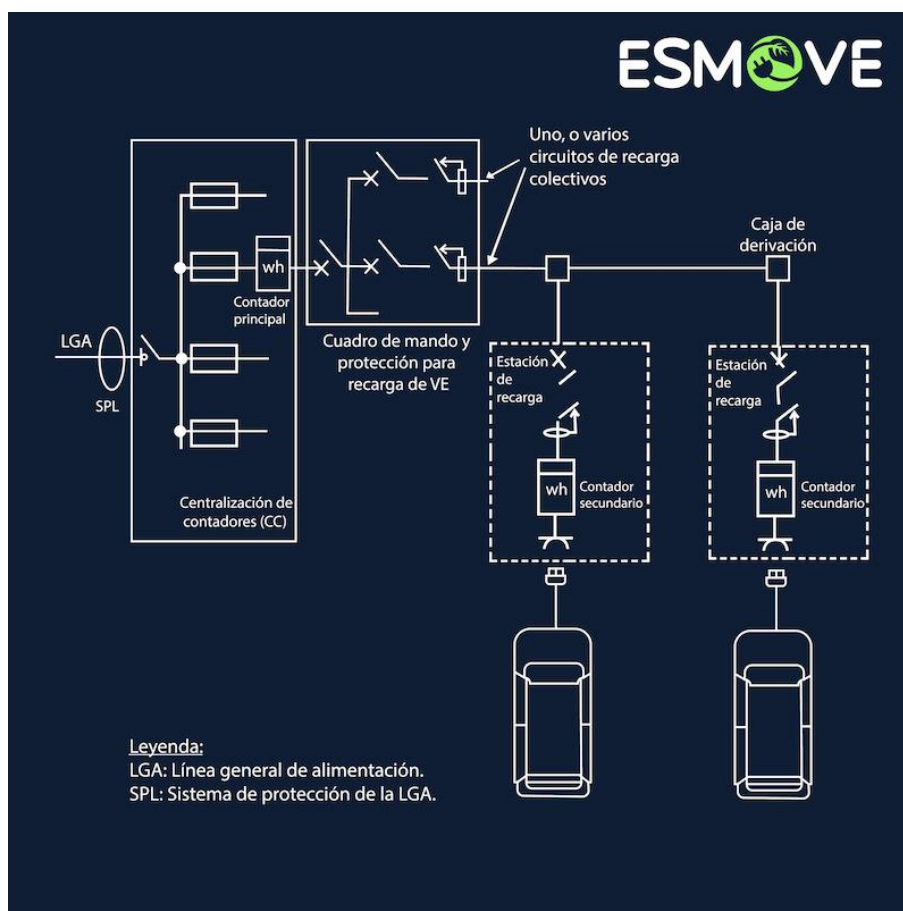
Nota. Adaptado de Mapfree, 2025

Diagrama básico de una estación de carga residencial para dos vehículos

La estación de carga residencial utiliza voltajes de entre 110, 120, 127 y 220 V, de acuerdo con la distribución de la zona cuencana, al igual que en otros métodos, se puede instalar los tres tipos de carga, la lenta, semi-rápida y rápida, esta última, no es muy común, debido al alto consumo energético reflejado en la facturación eléctrica, la ventaja más usual es la comodidad y el tiempo en utilizar el servicio, ya que no se requiere traslados adicionales y a ello se suma la posibilidad de integrar otras fuentes de respaldo, o incluso de generación principal como la energía fotovoltaica o eólica.

Figura 10.

Diagrama unifilar de una estación de carga residencial



Nota. Adaptado de (ESMOVE, 2023)

Potencia de carga de los VE

Los vehículos que funcionan con sistemas de almacenamiento energético como los VE o los híbridos enchufables requieren una fuente de alimentación eléctrica, lo cual ha dado paso a la inclusión de estándares de carga para este tipo de vehículos, aunque son más usados para los vehículos 100 % eléctricos los cuales tienen una diferenciación marcada en sus características y en su uso. Generalmente se consideran 4 tipos de carga, que van desde menos de los 16 A, hasta superar los 32 A.

Dentro de estos modos de carga, el tercer tipo es el más recomendable para cualquier tipo de VE o incluso los híbridos enchufables, este tipo de carga se la denomina como semi-rápida y emplea entre 16 a 32 A con un consumo de hasta 22 kW. (Manassero et al. 2022).

A. Modo de recarga 1: Schuko

El primer modelo de carga o modelo Schuko es el modo de carga residencial, donde no existe una toma destinada enteramente a la carga de un vehículo eléctrico, en otras palabras, en este modelo se utiliza un tomacorriente convencional utilizado para energizar cualquier electrodoméstico.

Figura 11.

Modo 1



Nota. Adaptado de (Advancedfleet, 2022)

Este es uno de los sistemas más simples de carga de los VE pues se basa en la conexión directa con el tomacorriente con la clavija de tipo Schuko al VE. De esta manera se cargan vehículos pequeños, motos y bicicletas eléctricas. En este modo no existe una seguridad o garantía y no es recomendable para vehículos y motos con una potencia elevada (Manassero et al. 2022).

B. Modo de recarga 2: Carga Lenta

El segundo modo de carga es conocido como carga lenta, está pensada para la recarga de VE en domicilios, con una carga diferenciada o especial para este tipo de consumos. Esta recarga es de tipo monofásica con un voltaje de 230 V con una potencia máxima de 3.7 kW. En este modo el VE se conecta al sistema eléctrico de la vivienda a través de un adaptador propio del vehículo el cual está diseñado para brindar seguridad mientras ocurre el proceso de recarga.

Este segundo modo requiere de una instalación, por parte del propietario del VE, de una caja de enchufe tipo Schuko, preferentemente adaptada para el uso en recargas de vehículos eléctricos, esta caja debe contar con todos los sistemas de protección necesarios.

Este modo de carga también es útil si se posee un vehículo híbrido enchufable, pero es preferible para la recarga de un vehículo eléctrico de baja potencia.

Figura 12.

Modo 2



Nota. Adaptado de (Advancedfleet, 2022)

C. Modo 3: Carga Semi-rápida

El tercer modo de carga, también conocido como Modo de carga semi-rápida requiere de un sistema denominado Wallbox, que consiste en un punto de carga exclusivo para vehículos eléctricos. Este sistema incluye diversos subsistemas de protección necesarios para garantizar la seguridad de la instalación eléctrica y la del VE. De acuerdo con normativas internacionales y la española (ITC BT 52), este modo de carga es un requisito

obligatorio para puntos de carga públicos, tanto en estaciones de servicio como parqueaderos públicos y en centros comerciales.

Figura 13.

Modo 3



Nota. Adaptado de (Advancedfleet, 2022)

Usualmente la conexión del VE se la realiza con corriente alterna a través de un equipamiento exclusivo para la recarga de las baterías del VE. Este modo es interesante para los propietarios de un vehículo eléctrico, puesto que es recomendable para un vehículo de potencia y autonomía elevada, permitiendo cargas de hasta 32 A, a más de 7.2 kW (Achaval, 2025).

D. Modo 4: La más rápida

El cuarto modo de carga es considerado como el más rápido o comúnmente llamado ultrarrápido, usualmente se lo encuentra en estaciones de carga destinadas a soportar varias cargas de VE simultáneas donde tienen la capacidad de cargar estas baterías al 70 % en menos de treinta minutos. Utiliza un tipo de conector especial como el conector japonés CHAdeMO (Jara, 2023).

Figura 14.

Modo 4



Nota. Adaptado de (Advancedfleet, 2022)

Transformadores

Los transformadores son elementos esenciales dentro de cualquier sistema nacional energético, dentro del Sistema Nacional Integrado (SIN) de Ecuador, son los encargados de elevar o reducir los voltajes para transmitir energía eficientemente desde las centrales eléctricas hasta el usuario final. En el SIN, son monitoreados a través de un análisis de gases disueltos en aceite para predecir fallas y mejorar u optimizar el mantenimiento predictivo.

Figura 15.

Transformadores



Nota. Adaptado de AUDAX (2021)

Estos transformadores soportan la estabilidad de todo el sistema nacional integrado, con modelos computacionales que establecen su cargabilidad óptima de acuerdo con normativas como la ANSI y la IEC, con el propósito de extender su vida útil reduciendo costos.

Transformadores de baja tensión

Los transformadores de baja tensión, usualmente definidos como secundarios, conforman una parte fundamental en la cadena de distribución del SIN, convirtiendo la tensión media a niveles que pueden utilizarse en consumidores residenciales, industriales y comerciales. Dentro del contexto energético ecuatoriano estos equipos están gestionados por empresas como CNEL y particularmente de la ciudad de Cuenca la empresa CENTROSUR, estas empresas enfrentan desafíos relacionados a las sobrecargas derivadas de la creciente

demanda y envejecimiento, lo que deriva en acciones preventivas para mejorar su vida útil y cargabilidad.

Figura 16.

Transformadores de baja tensión



Nota. Adaptado de AUDAX (2021)

Sobrecarga

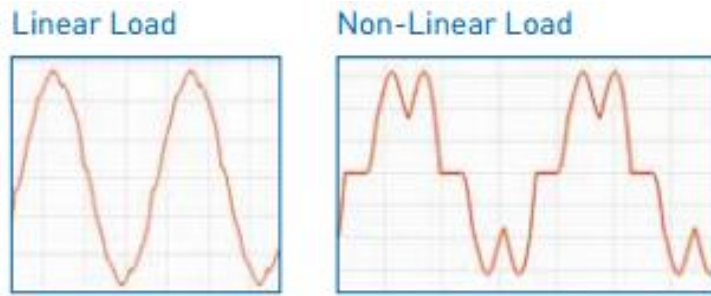
Las sobrecargas que ocurren en los transformadores de baja tensión son un fenómeno crítico en las redes de distribución, estos fenómenos se caracterizan por la circulación de corrientes que superan la capacidad nominal de los transformadores, lo que incrementa el envejecimiento térmico y mecánico de acuerdo con normativas como la ANSI/IEEE. En Ecuador estas sobrecargas se presentan por picos de demanda estacionales o la inclusión de cargas que no estaban contempladas dentro de ellas la inclusión masiva de duchas eléctricas, cocinas industriales y en los últimos años la inclusión de cargadores caseros para vehículos eléctricos (Rosales, 2025).

Armónicos

Los armónicos son ondas que tienen frecuencias son un múltiplo entero inferior o superior a las oscilaciones fundamentales, estas surgen gracias a la presencia de cargas no lineales en la red cuando la tensión de la red eléctrica se distorsiona por varios factores.

Figura 17.

Comparación entre cargas lineales y no lineales



Nota. Adaptado de Precisión (2025)

Cuando un armónico se induce en un sistema se altera la normalidad de las ondas sinusoidales, ocasionando distorsiones en la forma de onda de corriente o voltaje. Esta interferencia puede ocasionar una serie de efectos dañinos en un sistema eléctrico.

Uno de los efectos más conocidos de la presencia de armónicos es el sobrecalentamiento de componentes sensibles, este calor además de afectar la eficiencia operativa también acorta la vida útil de los equipos.

Los armónicos pueden ocasionar un mal funcionamiento de equipos sensibles, daño en fusibles, disparos en breakers, o producir interferencias en sistemas de telecomunicaciones, esto sin duda origina desafíos en cuanto a niveles de continuidad operacional y de mantenimiento, por lo tanto, prevenir su aparición es fundamental para conservar todas las operaciones energéticas en normalidad operacional (Gonzales & Marca, 2024).

Desequilibrio de fases

El desequilibrio de fases en las redes eléctricas de baja tensión es un aspecto que se añade al introducir cargas monofásicas de alto consumo como las electrolíneas. Estas condiciones hacen que un sistema presente un desfase tanto en corriente como en voltaje, este fenómeno se representa por la siguiente ecuación (IEA, 2023).

$$\% \text{desequilibrio} = \frac{I_{max} - I_{prom}}{I_{prom}} \times 100$$

Factores que ocasionan el desequilibrio de fases

- Cargas monofásicas desbalanceadas

La mayoría de los cargadores residenciales de tipo 1 y 2, por no decir todos, trabajan en una sola fase al no contar con una planificación de cargas

- Coincidencia de demanda

Este aspecto es el más determinante y el que más ocasiona el desequilibrio de líneas, es así como entre las 18:00 y 23:00 son los horarios en los cuales existe una alta demanda de carga eléctrica de los VE.

- Potencia elevada

En promedio, un cargador doméstico llega a consumir entre 3.7 kW y 7.4 kW de la red monofásica, lo que significa una carga muy superior al consumo promedio de una vivienda de la ciudad de Cuenca

Efectos del desequilibrio de fases por carga de vehículos eléctricos

El desequilibrio de fases dentro de los sistemas eléctricos de baja tensión no es un fenómeno actual, debido a su naturaleza ha cambiado con el incremento de cargas electrónicas de alta potencia.

El desequilibrio de fases inducido por la carga de vehículos eléctricos tiene múltiples consecuencias técnicas. En primer lugar, se produce un incremento en las pérdidas eléctricas debido a la circulación desigual de corrientes en los conductores, lo cual se traduce en una menor eficiencia del sistema eléctrico nacional.

El VE no solo es una carga desequilibrada, también es una carga no lineal. La transformación de AC a DC requerida para cargar las baterías se ejecuta a través de convertidores de energía que inyectan armónicos a la red. La relación entre los armónicos y el desequilibrio de fases es destructiva. Los armónicos de tercer orden son de secuencia cero, en otras palabras, en lugar de cancelarse, se suman aritméticamente con el conductor neutro.

En escenarios de alta inclusión de VE la corriente de neutro puede componerse por una fracción de corriente desequilibrada sumada a una carga armónica extensa, de acuerdo con Bayram et al. (2024) el THD o distorsión armónica total de corriente de un VE incrementa a medida que disminuye su tasa de carga controlada por sistemas de gestión y control automática e inteligente, un ejemplo de ello puede ser la carga del Nissan Leaf e+, el cual tiene un THD de 3.8 % al año con una corriente de 32 A, llegando a 10 % con 6 A para tratar de aliviar a la red.

Asimismo, los transformadores de distribución pueden experimentar sobrecargas térmicas debido a la asimetría en las corrientes de fase, reduciendo su vida útil y aumentando el riesgo de fallas. Adicionalmente, la presencia de corrientes elevadas en el neutro puede generar problemas de seguridad y afectar la calidad del suministro eléctrico.

En términos de calidad de energía, el desequilibrio de tensión puede provocar el mal funcionamiento de equipos sensibles y reducir el rendimiento de cargas trifásicas, como motores eléctricos, los cuales son altamente susceptibles a condiciones de desbalance.

Desde el punto de vista energético local las redes de baja tensión no fueron diseñadas para abastecer una alta demanda eléctrica, ni soportar la introducción de VE.

Consumo energético de los VE

Un vehículo eléctrico convencional, tipo sedán, emplea entre 15 a 20 kWh por cada 100 kilómetros de recorrido. Si se usa de ejemplo un VE con una batería de 60 kWh, es posible recorrer entre 300 y 400 kilómetros con una carga completa, no obstante, este valor puede variar dependiendo el tipo de ruta, tráfico, velocidad al conducir e inclusive la temperatura ambiental, por esta razón dos personas manejando el mismo vehículo no siempre obtienen la misma autonomía en el mismo día (Clemente, 2025).

Figura 18.

Consumo energético de los VE



Nota. Adaptado de (Clemente, 2025)

La factura eléctrica proveniente del consumo energético de los vehículos eléctricos depende de los kWh que requiere su batería y de la frecuencia con la que se cargan. Cada

recarga, independientemente de si es completa o parcial, suma una cantidad específica de consumo eléctrico mensual del hogar.

Si se recorre distancias largas o se utiliza todos los días, se puede notar un incremento considerable en la factura eléctrica, sin embargo, si se utiliza en viajes cortos o ciertos días de la semana, el aumento en la facturación no será notable. Varios propietarios de VE prefieren cargar sus vehículos durante la noche para evitar picos en horarios de mayor demanda energética.

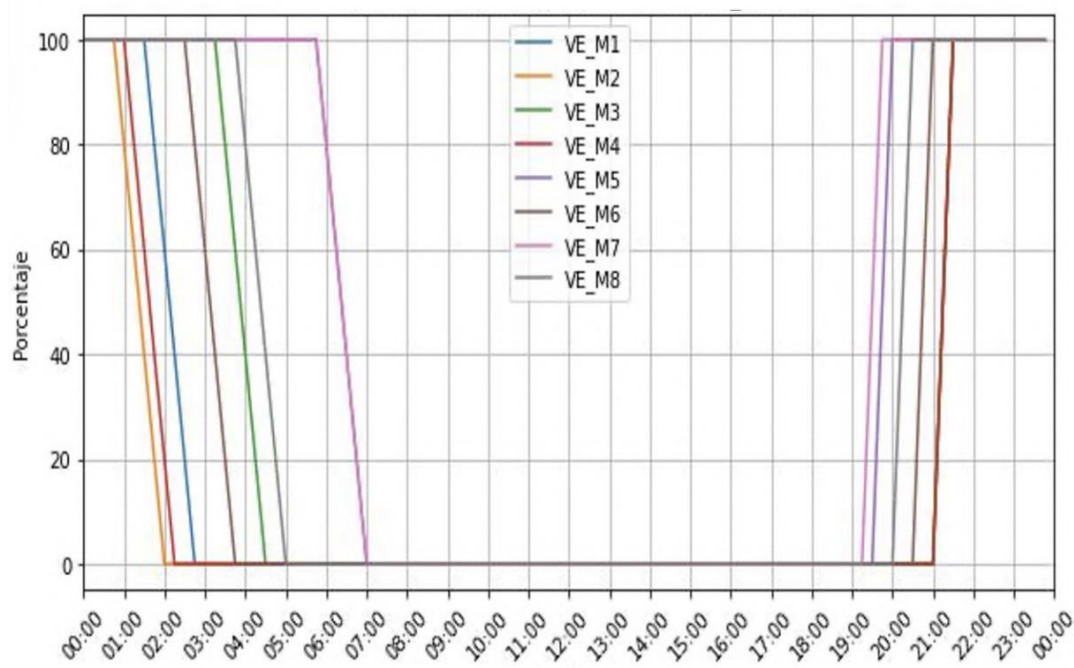
Perfiles de demanda

De acuerdo con la ARCONEL en su informe acerca del Impacto del cambio climático en la planificación de la operación del Sistema Nacional Interconectado (2025), el estudio de los perfiles de carga de los vehículos de carga requiere un análisis especial, ya que el consumo depende de varios factores como la función de consumo de los clientes, el tipo de carga, frecuencia de carga, distancia recorrida y autonomía del vehículo.

El perfil de demanda de los vehículos eléctricos, presentado por la ARCONEL, se basa en mediciones reales de varios VE a nivel nacional, en su informe se muestran curvas de demanda para un día típico, la cual se muestra en la siguiente Figura.

Figura 19.

Perfil de consumo



Nota. Adaptado de (ARCONEL, 2025)

En la figura 1, se puede observar el perfil de carga de los vehículos eléctricos donde se aprecia que los usuarios de los VE prefieren recargar sus vehículos durante periodos nocturnos, particularmente entre las 19:00 y 07:00, coincidiendo con picos de demanda de usuarios residenciales.

Simultaneidad de carga de VE

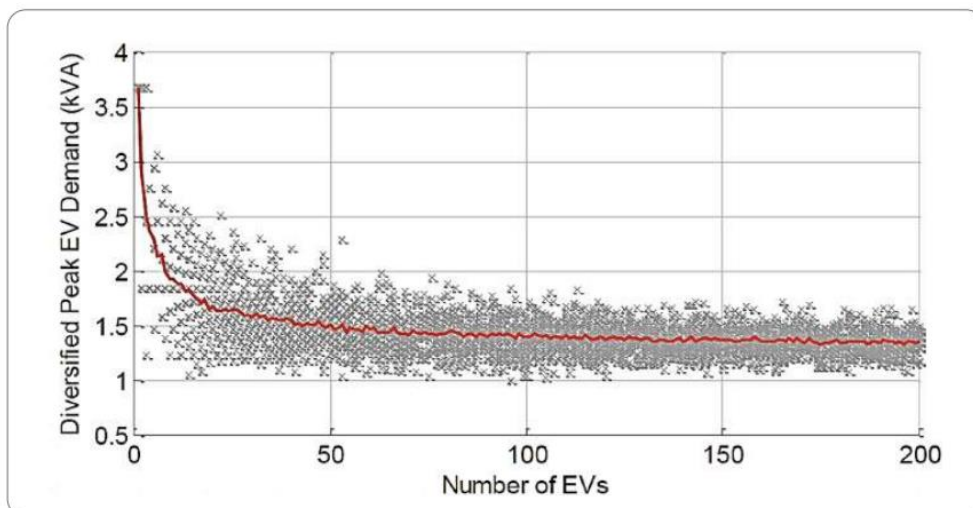
El factor de simultaneidad de carga de los vehículos eléctricos o factor de coincidencia de carga estima la probabilidad de que las demandas máximas de varias cargas ocurran simultáneamente dentro de un área y periodo específico.

Si este factor, conocido como F_{coin} , es alto, la demanda de los consumidores coincide en tiempo, provocando una mayor inversión en la infraestructura del sistema eléctrico; si es bajo, se puede considerar que se puede aprovechar de una manera más eficiente los recursos energéticos.

De acuerdo con el plan energético de la ARCONEL (2024), se reconocen varios factores que influyen en la coincidencia, como hábitos de los clientes, duración y frecuencia de carga y patrones de consumo como su carga en días laborales y fines de semana.

Figura 20.

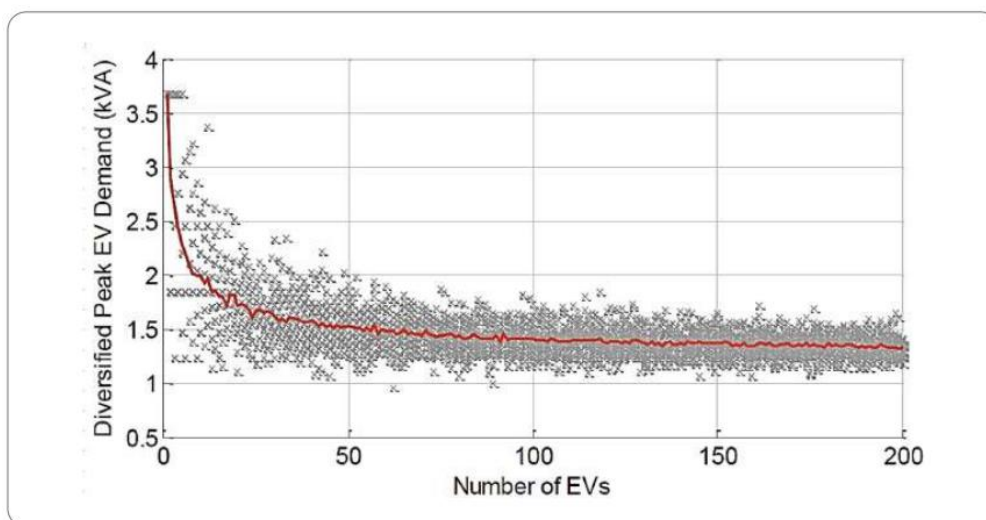
Curva de la Demanda máxima diversificada para varios VE - días laborales



Nota. Adaptado de (ARCONEL, 2024)

Figura 21.

Curva de la Demanda máxima diversificada para varios VE – fines de semana



Nota. Adaptado de (ARCONEL, 2024)

De acuerdo con las figuras 7 y 8 se puede estimar que, a menor cantidad de vehículos eléctricos, mayor es la demanda máxima coincidente, o, en otras palabras, si la cantidad de VE aumenta, la demanda pico no lo hace en la misma medida, puesto que no todos los vehículos están consumiendo su pico de energía en el mismo tiempo.

Redes eléctricas de distribución

La red eléctrica es una red interconectada de líneas de transmisión y distribución y subestaciones que transportan electricidad entre productores y consumidores. Desde las líneas de transmisión de alta tensión hasta las redes de distribución de baja tensión, la red eléctrica es la columna vertebral de nuestra infraestructura eléctrica. Sin ella, no habría suministro eléctrico a los cientos de millones de hogares e industrias conectados en la UE.

La red eléctrica se considera un monopolio natural debido a los elevados costos que requiere establecer, operar y mantener la infraestructura necesaria para el suministro de energía. Contar con un número selecto de entidades responsables de construir y gestionar las redes eléctricas en una zona específica resulta más eficiente y rentable, ya que duplicar la infraestructura en la misma zona resultaría impráctico (Fischer, 2026).

Dentro del sistema de suministro eléctrico se diferencian tres actividades principales: la generación de la energía necesaria para satisfacer el consumo; el transporte, que transfiere la energía hasta las subestaciones; y la distribución, que hace posible que la energía llegue a los clientes finales. La red de distribución está formada por el conjunto de cables subterráneos y los centros de transformación que permiten hacer llegar la energía hasta el cliente final. Se trata de la parte del sistema de suministro eléctrico responsable de las compañías distribuidoras de electricidad hasta los consumidores finales (Endesa, 2021).

Objetivos

Objetivo general

Analizar el impacto técnico de la incorporación de vehículos eléctricos en la red eléctrica de baja tensión de Cuenca, Ecuador, mediante una revisión bibliográfica y documental.

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los patrones de carga y demandas energéticas de los VE comparándolas con la capacidad actual de la red de baja tensión cuencana
- Evaluar los efectos como sobrecargas, desbalances y caídas de tensión en elementos de la red de baja tensión, causadas por la carga de VE.
- Presentar criterios y recomendaciones fundamentadas en la literatura especializada para reducir el impacto en la red de distribución y alcanzar una integración segura y sostenible de los VE.

Alcance del trabajo

El estudio se desarrolla en la ciudad de Cuenca, al analizar la incorporación de vehículos eléctricos al parque automotor cuencano y el impacto que esto puede ocasionar en la red de baja tensión, es así como el estudio evalúa el comportamiento de la red eléctrica nacional del sector estimando el incremento de la demanda, perfiles de carga, posibles caídas de tensión y la variación en transformadores.

Del mismo modo la parte más crucial es la introducción de cargadores eléctricos en hogares para la carga residencial, todo esto bajo los estándares de la norma IEC 61851.

Materiales y métodos

El presente estudio tiene un enfoque estrictamente cualitativo y cuantitativo al manejar una alta cantidad de datos y posteriormente su análisis.

Materiales utilizados

- Red eléctrica nacional de baja tensión
- Comportamiento de la red eléctrica
- Escenarios de consumo
- Distorsión armónica

Descripción del Procedimiento

El desarrollo de este trabajo se fundamenta en una metodología mixta, de tipo documental y descriptiva, que ayudará a cumplir secuencialmente los objetivos planteados a través de un enfoque reproducible. Esta metodología permite recopilar, analizar y resumir datos técnicos relevantes acerca del impacto de la incorporación de vehículos eléctricos en la red eléctrica de baja tensión de la ciudad Cuenca, Ecuador, sin la necesidad de realizar una experimentación primaria, priorizando una revisión minuciosa de fuentes confiables, así como del análisis de datos cualitativos.

Este trabajo académico se desarrollará en varias etapas descritas a continuación:

- Revisión sistemática de la red nacional

Se considera fuentes bibliofiguras relacionadas con las características eléctricas de los VE (vehículos eléctricos), modos de carga y efectos en redes de distribución, dentro de este apartado también se considerará aspectos como:

- Datos técnicos de la red de baja tensión de la ciudad de Cuenca
 - Topología del área a intervenir estimada.
 - Diferencia de tensiones en posibles áreas comparativas de ser el caso.
 - Información de alimentadores, transformadores existentes dentro del perímetro y de ser necesario de los alrededores.
- Datos técnicos de los principales VE

En este análisis se debe tomar en consideración el uso de los autos eléctricos, ya que el consumo y la carga difieren demasiado entre un auto residencial y un auto comercial. Se consideran fuentes bibliofiguras relacionadas con las características eléctricas de transporte de pasajeros como taxis. Aquí se tiene:

- Potencia de carga
- Escenarios de carga

- Horarios de carga
- Uso del vehículo u horas de utilidad
- Normativa

Es el dato más importante dentro de la metodología para conocer las reglas nacionales aplicables en el desarrollo del trabajo de investigación

- NEC
- ARCONEL
- Código eléctrico de la construcción
- Código eléctrico ecuatoriano
- Identificación y tabulación

El análisis principal de la información para identificar aspectos positivos y negativos, incluso prohibiciones dentro de la incorporación de vehículos eléctricos en la red eléctrica de baja tensión de la ciudad de Cuenca.

- Criterios de integración

Finalmente extender comentarios sintetizando las recomendaciones halladas en la revisión bibliográfica para una propuesta de mejora.

Desarrollo

Revisión sistemática

Se desarrolló una revisión sistemática de bibliografía académica relacionada con las características eléctricas de los VE (vehículos eléctricos), modos de carga y efectos en redes de distribución de baja tensión. La búsqueda de estos trabajos académicos se efectuó en las principales bases de datos como Scopus, Web of Science, IEEE y Google Académico, cubriendo un periodo de los últimos 15 años (2010-2025).

La terminología empleada para la búsqueda incluye palabras como: *vehículo eléctrico*, *baja tensión*, *carga*, *armónicos*, *caída de tensión* y combinaciones booleanas AND y OR.

Junto a la inclusión de los términos anteriormente citados, también se aplicaron criterios de inclusión en los cuales se consideraron artículos, revisiones con relevancia y estudios de caso y criterios de exclusión para documentos sin metodología replicable.

Los estudios elegidos fueron sometidos a una extracción de información estructurada de la cual se obtuvo autor, objetivo, tipo de estudio, características del Vehículo Eléctrico, características de los cargadores, impactos de la carga de VE, y criterios para mitigar estos impactos, dentro de la ciudad de Cuenca.

Características de los vehículos eléctricos

Las características eléctricas de los VE que circulan en la ciudad de Cuenca deben analizarse de acuerdo con la infraestructura de carga disponible, parámetros de cada vehículo y considerando la red de baja tensión de la ciudad.

Las modalidades de carga, compatibles con cargadores domésticos y comerciales de baja potencia, son los de corriente alterna, específicamente los modos 1, 2 y 3 que se ubican entre los 50 y 150 kW, lo cual requiere una mayor capacidad de la red, más protecciones y un análisis técnico más riguroso de la acometida domiciliaria, el transformador y los conductores (Vélez, 2017).

1) Los 10 vehículos eléctricos del parque automotriz cuencano

A. AUDI E-TRON

Figura 22.

Modelo E-TRON



Nota. Adaptado de (Audi Ecuador, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- Hasta 300 kW de potencia
- Autonomía de hasta 440 kilómetros
- Aceleración: alrededor de 0–100 km/h ~5,6–6,5 s
- Carga rápida (DC) hasta 170 kW
- Tiempo de carga típica de 10–80% en ~30–31 min (Audi Ecuador, 2026)

B. DONGFENG SERIE RICH

Figura 23.

Modelo RICH 7



Nota. Adaptado de (DONGFENG, 2026)

- Camioneta 100 % eléctrica
- 161 caballos de fuerza
- Autonomía de hasta 445 kilómetros
- Aceleración: alrededor de 0–100 km/h 8,6–8,7 s
- Tipo de batería: LFP (Litio-Ferro-Fosfato)
- Carga rápida (DC) hasta 170 kW
- Tiempo de carga típica de 10–80% en ~28 min (DONGFENG, 2026)

C. KIA EV6

Figura 24.

Modelo VE6



Nota. Adaptado de (Kia Corporation, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 239 kW / 320 caballos de fuerza
- Autonomía de 528 kilómetros
- Aceleración: alrededor de 0–100 km/h 8,6–8,7 s
- Tipo de batería: LFP (Litio-Ferro-Fosfato)
- Carga rápida (DC) hasta 170 kW
- Tiempo de carga típica de 10–80% en ~18 min (Kia Corporation, 2026).

D. BYD BYDT3

Figura 25.

Modelo T3



Nota. Adaptado de (BYD, 2026)

- Van 100% eléctrico
- 100 kW de fuerza
- Autonomía de ~300–335 kilómetros
- Aceleración: máxima 100 km/h
- Tipo de batería: LFP (Litio-Ferro-Fosfato)
- Carga rápida (DC) hasta ~40–50 kW
- Tiempo de carga típica de 10–80% en ~18 min (BYD, 2026)

E. MERCEDES BENZ

Figura 26.

Modelo EQA



Nota. Adaptado de (Mercedes-Benz, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 140 kW de fuerza
- Autonomía de 560 kilómetros
- Aceleración: máxima 160 km/h
- Tipo de batería: Li-ion
- Carga rápida (DC) hasta ~40–50 kW
- Tiempo de carga típica de 10–80% en ~30-35 min (Mercedes-Benz, 2026).

F. BYD SEALION

Figura 27.

Modelo SEALION 7 VE



Nota. Adaptado de (bydauto, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 522 kW de fuerza
- Autonomía de 456 kilómetros
- Aceleración: 0 a 100 km/h en 4.5s
- 82,5 kWh; carga rápida en 35min
- Batería: Cell to Body
- Carga programada.

G. BYD YUAN PLUS

Figura 28.

Modelo BYD YUAN PLUS



Nota. Adaptado de (bydauto, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 201 kW de fuerza
- Autonomía de 480 kilómetros
- Aceleración: 0 a 100 km/h en 7,3 s
- 80 % en 30 min
- Batería: Blade Battery
- Carga programada

H. BYD E5

Figura 29.

Modelo BYD E5



Nota. Adaptado de (bydauto, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 150 kW de fuerza
- Autonomía de 212 kilómetros
- Aceleración: 0 a 100 km/h en 8,4 s
- 80 % en 30 min
- Batería: Blade Battery
- Carga programada

I. BYD EV5

Figura 30.

Modelo BYD EV5



Nota. Adaptado de (bydauto, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 174 kW de fuerza
- Autonomía de 380 kilómetros
- Aceleración: 0 a 100 km/h en 7,9 s
- 80 % en 30 min
- Batería: Blade Battery
- Carga programada.

J. KIA SOUL

Figura 31.

Modelo KIA SOUL



Nota. Adaptado de (KIA, 2026)

- SUV 100% eléctrico
- 174 kW de fuerza
- Autonomía de 380 kilómetros
- Aceleración: 0 a 100 km/h en 7,9 s
- 80 % en 30 min
- Batería: Blade Battery
- Carga programada

2) Flota de taxis eléctricos en la ciudad

La incorporación de una flota de VE como sistema de transporte público en Cuenca, se enmarca dentro del Plan de Electromovilidad de Cuenca (2023), menciona que en la ciudad circulan cerca de 3 600 taxis de los cuales una gran mayoría emplea combustibles fósiles, el plan de electromovilidad fija objetivos progresivos para alcanzar los 1 000 taxis eléctricos a largo plazo, empezando por cifras cortas como 80 unidades para 2028.

- Modelos en el mercado

Dentro de la electromovilidad enfocada al transporte público se observa un incremento en la oferta de los vehículos, de los cuales la marca BYD, se muestra como una de las principales con sus modelos BYD E5, y la marca Kia con su modelo Soul VE.

- Características

Tabla 1**Vehículos eléctricos empleados como Taxis**

Características	KIA SOUL EV	BYD E5
Autonomía	212	305
Consumo	12.7	15.3
Potencia Máxima	150	160
Capacidad de la batería	27	47.5
Pasajeros	5	5
Maletero	281	450
Garantía	200 000	500 000
Velocidad máxima	145	130
Precio	34 000	34 000
Carga completa	Cargador 220V	6
	Cargador 110 V	12 - 14
		7 – 9
		<14

Nota. Elaboración Propia

Las características eléctricas de la carga de los vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca, se analizan desde tres aspectos técnicos: red eléctrica de baja tensión, infraestructura de carga y parámetros propios del vehículo.

3) Niveles de tensión y potencia de carga

➤ Tensión nominal AC

- Monofásica: 120–240 V

- Trifásica: 208–400 V
- **Frecuencia del sistema eléctrico ecuatoriano**
 - 60 Hz
- **Potencia típica**
 - Carga lenta residencial 3.3 kW – 7.4 kW
 - Carga semirápida comercial hasta 22 kW
- **Conversión de energía**
 - El cargador a bordo (On-Board Charger, OBC) convierte AC → DC, para su almacenamiento en batería
- **Factor limitante**
 - Potencia máxima del OBC del vehículo y por la instalación eléctrica residencial del usuario
- **Tensión de salida DC**
 - 200 – 800 V DC (valores típicos de los vehículos comercializados en Cuenca)
- **Potencia**
 - 50 kW – 150 kW (infraestructura existente en Cuenca)
- **Conversión externa**
 - El proceso de conversión de AC a DC se ejecuta en las electrolineras
- **Aplicación**
 - Carga rápida, permite alcanzar el 80% de la batería entre 20 y 40 minutos, de acuerdo con el vehículo y la estación de carga (Vélez, 2017).
 - Niveles de tensión y potencia de carga.

4) Consideraciones de la red eléctrica en Cuenca

La red eléctrica de baja tensión en Cuenca se alimenta desde los transformadores de distribución que bajan la tensión de 13.8 kV a 110/220 V, idóneas para su uso comercial y residencial (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018). Una gran parte de los sistemas de carga domiciliarios trabajan en configuración monofásica, lo que puede producir:

- Desequilibrios de fases
- Aumento de corrientes en el conductor neutro
- Sobrecargas en los transformadores de distribución.

5) Infraestructura de carga en Cuenca

Tipos de carga en la ciudad:

- Carga AC (3 a 22 kW), uso comercial de baja escala y residencial, bajo impacto en la red.
- Carga DC (rápida, 50 a 150 kW), uso público, alto impacto en la red. (Electromaps, 2026).

6) Características de la batería del VE

En la gran mayoría las baterías son de Li-ion, pero existen otros tipos y la capacidad viene expresada en kWh donde el voltaje nominal generalmente es de 350 a 800 V, también poseen una curva de carga CC-CA. La potencia disminuye progresivamente cuando se supera 70 % – 80 % SOC

En los últimos años el tema de carga se ha establecido en 4 parámetros o métodos de carga expresados en la tabla 2.

Tabla 2

Resumen de la norma IEC 61851

Modo	Tipo de carga	Nivel de potencia (tensión y corriente)	Aplicación	Características clave	Características de seguridad
1	Carga básica de CA	16 A, 250 V (fase única), 480 V (tres fases)	Residencial, de baja potencia	Control o seguridad mínima	Mínimo; a menudo carece de seguridad avanzada Protección en
2	Carga de CA mejorada	32 A, 250 V (fase única), 480 V (tres fases)	Cargas caseras con mayor seguridad	Dispositivo de control y protección en el cable (IC-CPD)	el cable, incluye protección contra sobrecargas

		32 A, 250 V			
3	Carga de CA dedicada	(fase única), 480 V (tres fases) (hasta 63A)	Estaciones públicas, comerciales	VE dedicado, comunicación bidireccional opcional	RCDs, puesta a tierra, control de temperatura
4	Carga rápida de CC de alta potencia	Hasta 200 A, hasta 400 V (puede ser más alto en los estándares más nuevos)	Cargadores rápidos de autopista, comerciales	Alimentación directa de CC a la batería, comunicación bidireccional	Aislamiento robusto, control de comunicación, RCDs, gestión térmica

Nota. La tabla muestra el resumen de la norma IEC 61851 para la carga regulada de VE.

Nota. Adaptado de (Einfochips, 2026)

Evaluación de los elementos de la red de baja tensión

El propósito de evaluar los elementos de la red de baja tensión es determinar la capacidad operativa de la infraestructura eléctrica existente para soportar la inclusión de nuevas cargas ligadas a la recarga de batería de VE. Esta evaluación permitirá identificar posibles restricciones en transformadores y niveles de tensión dentro de la red de baja tensión de la ciudad de Cuenca.

- **Caracterización de la red de baja tensión**

La red de baja tensión representa el último nivel del sistema de distribución de energía, éste es el encargado de suministrar energía a los usuarios finales. En Ecuador, particularmente en la ciudad de Cuenca, la red de baja tensión se alimenta de transformadores de distribución que reducen el nivel de tensión desde 13.8 kV hasta los niveles que comúnmente se utilizan en las residencias, es decir 120 V para sistemas monofásicos o 220 V para sistemas trifásicos (García B. , 2024).

Los elementos que componen a la red de distribución de baja tensión son:

- Transformador de baja tensión (13.8 kV)
- Conductores
- Acometidas (residenciales y comerciales de bajo consumo)
- Sistemas de protección

- Cargas (alumbrado público, comerciales, residenciales).

A. Evaluación de los transformadores de baja tensión

Los transformadores de baja tensión son uno de los elementos más críticos en la red de baja tensión, pues determinan la capacidad máxima a suministrar a los usuarios finales, para su evaluación se considera las siguientes medidas:

- Potencia nominal del transformador
- Nivel de uso
- Carga conectada

En Ecuador la normativa que controla los aspectos relacionados a los conductores eléctricos es la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014), en su apartado de instalaciones eléctricas (NEC-SB-IE, 2018), y en normas técnicas de empresas distribuidoras, como en el informe desarrollado por la Empresa Eléctrica Regional del Sur en su Normas Técnicas para el Diseño de redes eléctricas urbanas y rurales (EERSSA, 2012), en el cual se menciona que los calibres 4, 2, 1 AWG pueden ser utilizados para sistemas aéreos de baja tensión y acometidas, aunque puede emplearse conductores con calibre 6 AWG, de acuerdo con el cálculo de la caída de tensión

B. Evaluación de los conductores de baja tensión

La evaluación de los conductores de baja tensión debe realizarse de acuerdo con su capacidad de transporte de corriente y las caídas de tensión ligadas al aumento de la carga. Los parámetros a evaluar incluyen:

- Material del conductor
- Longitud del tramo
- Sección transversal
- Corriente máxima permisible

C. Evaluación de los perfiles de carga

La capacidad de la red ante la incorporación de infraestructuras de carga de VE requiere un análisis de los perfiles de carga diarios. Usualmente la demanda máxima en redes domiciliarias ocurre en horarios nocturnos entre las 18:00 y 22:00, y éste coincide con el

horario en que los usuarios de VE se disponen a cargar sus vehículos (Guanoluisa & Guerrero, 2026), esto podría generar:

- Picos de demanda
- Sobrecargas en los transformadores
- Caídas en la tensión de red

Bajo este sentido, es necesario analizar la eficiencia energética del sector residencial, es así como Baquero & Quesada (2016), identificaron que una gran parte de la demanda energética residencial está íntimamente ligada al uso de electrodomésticos, sistemas de iluminación y hábitos de consumo.

La inclusión de VE en la red de distribución eléctrica actual ha motivado el desarrollo de estudios enfocados en determinar la capacidad de la red frente a la incorporación de estaciones de carga. En este sentido, García & Trujillo (2020), muestran que la incorporación de este tipo de vehículos puede modificar circunstancialmente los perfiles de consumo energético, lo que puede generar incrementos en los picos de demanda siempre y cuando no se apliquen estrategias de gestión eléctrica.

D. Evaluación de la capacidad de integración de VE y escenarios de carga

Para analizar los escenarios de carga de los vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca es necesario evaluar la infraestructura de carga disponible a nivel local, además de su capacidad de respuesta frente al aumento continuo del parque automotriz eléctrico.

En Cuenca, la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos ha tenido un aumento gradual en los últimos años, con la incorporación de estaciones de carga en zonas estratégicas como parques centrales, como el parque de La Madre; puntos de alta concurrencia como El Aeropuerto Mariscal La Mar; centros comerciales, y estaciones de servicio.

En la actualidad, la red de carga incluye estaciones de carga lenta, semi-rápida y rápida. Un ejemplo de ello se evidencia en una de las primeras electrolinerías en operación en la ciudad, que cuenta con una potencia estimada de 50 kW, lo que posibilita la carga simultánea de hasta tres VE, alcanzando tiempos de entre 12 a 20 minutos para obtener el 80% de la carga.

Sumado a ello, la expansión de infraestructuras de carga, impulsadas por el sector privado, principalmente por las casas comerciales de los vehículos eléctricos como Kia, BYD, entre otros, ha permitido integrar nuevos puntos de carga dentro de la red nacional, superando a los 100 puntos de carga a nivel del país, de los cuales varios se ubican en Cuenca, posicionando a la ciudad como uno de los principales nodos de carga en Ecuador (Fonti, 2024).

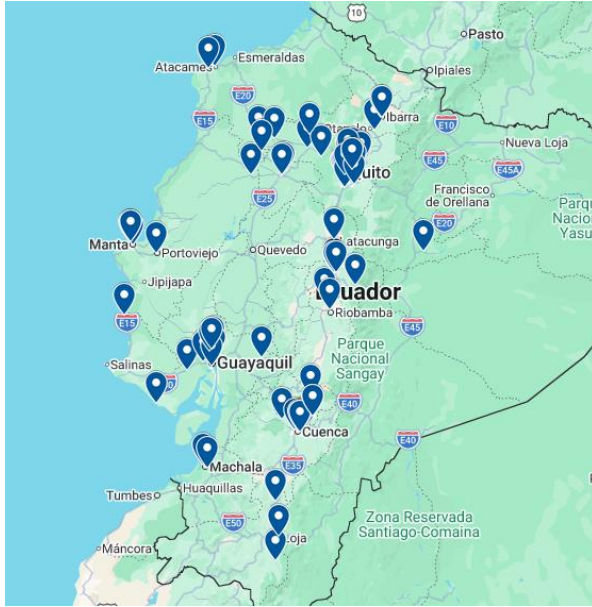
No obstante, pese a este aumento, la infraestructura de carga en Cuenca aún revela ciertas limitaciones importantes, una de ellas es que la distribución de los puntos de carga no es homogénea, centrándose principalmente en zonas urbanas centrales con alto tráfico vehicular y zonas comerciales, lo que causa una cobertura parcial. Esta situación puede generar situaciones de saturación en ciertos puntos de carga e incrementar los tiempos de espera en escenarios de demandas elevadas.

En este escenario, el estudio realizado por Vélez (2017), analiza el impacto que puede generar la inclusión de VE dentro de la demanda del sistema eléctrico ecuatoriano, particularmente en Cuenca, Ecuador. En este estudio el autor evalúa cómo la incorporación de VE y sus sistemas de carga de baterías, puede modificar el perfil de consumo y demanda a nivel local y nacional, mostrando que este efecto depende del tipo de batería, autonomía del vehículo y horarios en los que se emplea las estaciones de carga, siendo estas particularidades factores influyentes a la curva de carga del sistema eléctrico.

Como se mencionó con anterioridad la falta de estandarización en los modos de carga, es un problema que limita la expansión de las electrolinerías y además de ello impide conocer realmente el efecto de cada una de estas estaciones de carga al sistema eléctrico nacional sin antes conocer cuáles son los tipos de carga que ofrecen a sus usuarios.

Figura 32.

Estaciones de carga (electrolineras), en Ecuador



Nota. Adaptado de (Fonti, 2024)

De acuerdo con Villacrés (2024), las estaciones de carga en Ecuador y en Cuenca, pueden clasificarse principalmente por el tipo de suministro, ya sea AC o DC y potencia nominal. Dentro de la conexión AC, el automóvil eléctrico emplea su propio cargador y la electrolinera actúa como interfaz de protección, mientras que en DC la estación es la encargada de suministrar potencia directamente hacia la batería, alcanzando tiempos de carga menores.

Tabla 3

Tipos de infraestructura de carga

Tipo	Potencia (kW)	Uso	Tensión (V)	Impacto en la red
AC	3 – 22	Residencial	120–240 208–240	Bajo
DC rápida	50 – 150	Autopistas	400–800	Alto, requiere protecciones y acometida propia

DC ultrarrápida	150 – 350	Autopistas	±800	Extrema, requiere un análisis y una gestión más estricta
------------------------	-----------	------------	------	--

Nota. Adaptado de (García & Trujillo, 2020)

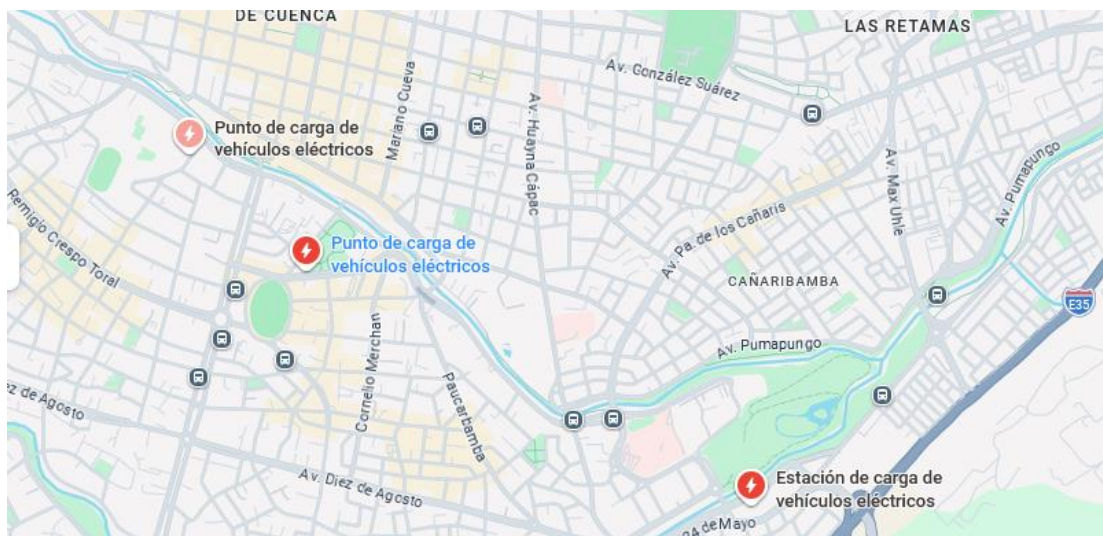
Chiza et al. (2023), mencionan que un dimensionamiento adecuado de la infraestructura de carga de VE necesita también un análisis del comportamiento de la demanda energética de estos sistemas. Factores como el número de vehículos eléctricos conectados, potencia de los cargadores y horarios de carga en los que se utilizan con mayor frecuencia las estaciones de carga (horas pico) influyen directamente en la variabilidad de la demanda energética, ocasionando fluctuaciones importantes en la red eléctrica al no considerar adecuadamente una planificación de todo el sistema.

Electrolineras existentes en la ciudad de Cuenca

De acuerdo con Electromaps (2025), en la ciudad de Cuenca, existen doce puntos de carga disponibles para el público, independientemente de la marca del VE, nueve se encuentran en la ciudad, una en la autopista, una en Capulispamba, y una en San Felipe de Molleturo

Figura 33.

Electrolineras en Cuenca



Nota. Adaptado de Electromaps (2025)

Tabla 4**Estaciones de carga de vehículos eléctricos en Cuenca**

Estaciones de carga	Espacios de carga	Potencia de los conectores (kW)	Tipo de conector
	4	3.7	Tipo 1
Parque de la Madre	1	7.4	NEMA 5-15 (US Plug)
	1	90	CCS2
Wayra Plaza	1	90	GB/T (DC)
	1	90	CCS1
Centro Comercial	1	7	Tipo 2
Milenium Plaza	1	7	Tipo 2
	1	60	GB/T (DC)
Mavesa Ecuador	1	60	CCS2
	1	32	GB/T (AC)
Mavesa Cuenca	1	33	CCS2
Mirasol Chevrolet - Matriz	1	7	Tipo 1
Regional Centro Sur	1	20	Tipo 2
BYD Cuenca	1	7.2	CCS2

Portal Artesanal	1	7.3	Tipo 1
Universidad del Azúay	1	7	Tipo 2
Capulispamba	3	7.4	Tipo 1
San Felipe de Molleturo	1	3.5	Tipo 1
	1	1	NEMA 5-15 (US Plug)

Nota. Adaptado de Electromaps (2025)

Estrategias de reducción de consumo energético

La inclusión de vehículos eléctricos en la red de baja tensión en la ciudad de Cuenca provoca aumentos significativos en la demanda energética, particularmente en horas pico, lo que puede generar sobrecargas en transformadores, caídas de tensión y desequilibrios de fase. Bajo este escenario, la inclusión de estrategias de reducción y gestión de consumo energético tiene como objetivo reducir el impacto técnico de estas nuevas cargas en la red de distribución, ayudando a la integración de los VE de una manera segura y eficiente.

Desde un punto de vista técnico, una de las principales alternativas o soluciones radica en la gestión de la demanda eléctrica, la cual posibilita el desplazamiento del consumo energético hacia franjas horarias de menor carga. En el caso de la ciudad de Cuenca, es recomendable promover la carga de los VE en horarios valle, es decir entre las 22:00 y 06:00, minimizando la coincidencia con la demanda energética residencial máxima. Varios estudios destacan que la incorporación de estrategias de reducción del consumo eléctrico en domicilios puede generar efectos importantes en la matriz energética nacional. El estudio titulado “Análisis de la Implementación de una Estrategia de Reducción del Consumo Energético en el Sector Residencial del Ecuador: Evaluación del Impacto en la Matriz Energética” Guamán et al. (2018), indican que la optimización del consumo residencial puede alcanzarse mediante el reemplazo de equipos obsoletos e ineficientes y el uso de tecnologías energéticas eficientes. Además, este estudio muestra

que el reemplazo de tácticas convencionales para ACS (agua caliente sanitaria) y de consumo por calefactores eléctricos y cocinas a inducción, respectivamente, puede incrementar la demanda de energía, lo que requiere una adecuada planificación de la distribución y sobre todo generación de energía.

Otra estrategia primordial es la actualización de la infraestructura eléctrica de baja tensión, particularmente en las áreas donde se reconozca una alta inclusión de vehículos eléctricos, para estos casos se recomienda:

- Reemplazo de transformadores por unidades de mayor capacidad
- Reconfiguración de circuitos para balancear cargas entre las fases
- Aumento de calibre de los conductores eléctricos para minimizar las caídas de tensión

Estas medidas de mitigación han sido ampliamente recomendadas, en el estudio desarrollado por Méndez et al. (2024), se evidencia que el incremento de la capacidad de los transformadores optimiza la operatividad del sistema frente a la inclusión de vehículos eléctricos.

Sumado a ello, se plantea la incorporación de sistemas inteligentes, los cuales permiten gestionar de forma autónoma la potencia de carga de los VE de acuerdo con las condiciones de la red. Esta tecnología puede evadir picos simultáneos de consumo y mejora el uso de la infraestructura eléctrica existente, mostrándose como una solución viable para ciudades como Cuenca en donde la red no fue estipulada para solventar este tipo de cargas (Chiza et al. 2023).

Analizando esta variable desde el punto de vista del usuario final, la eficiencia energética en el sector residencial también se muestra como una medida eficiente y complementaria, se recomienda:

- Sustitución de electrodomésticos antiguos o ineficientes por equipos actuales o de mayor eficiencia energética
- Empleo de sistemas de iluminación LED
- Mejora del uso de aparatos eléctricos de alto consumo como cocinas de inducción, sistemas de calefacción, electrobombas, entre otros.

En base a lo descrito por Guamán et al. (2018), estas medidas permitirán minimizar el consumo base de una residencia, liberando capacidad en la red para la inclusión de nuevas cargas, o en este caso, para la inclusión de sistemas de carga para vehículos eléctricos.

Otra alternativa es la incorporación de sistemas energéticos alternativos como sistemas fotovoltaicos o eólicos. En Cuenca, donde existe un gran potencial solar, los sistemas fotovoltaicos pueden abastecer la carga de los VE durante el día, si se cuenta con un sistema de respaldo energético (banco de baterías) se pueden cargar durante la noche, reduciendo así la dependencia de la red y bajando los niveles de carga en horas pico (Villacrés, 2024).

Por último, se recomienda el desarrollo de regulaciones técnicas y planificaciones energéticas urbanas que gestionen la instalación de puntos de carga y fijen criterios de diseño para nuevos complejos residenciales. Esto incluye la obligación de estudios de carga para nuevas conexiones de infraestructuras de carga para VE y la regularización de equipos de carga, lo que posibilitará una mejor gestión del incremento de la movilidad eléctrica.

Tabla 5

Relación entre problemas en la red de baja tensión y estrategias de mitigación en la ciudad de Cuenca

Problema identificado	Causa	Solución	Impacto en la red	Referencia
Sobrecarga en transformadores de baja tensión	Aumento de la demanda por carga simultánea de VE, en horas pico	Cambio de transformadores por equipos con mayor capacidad	Reducción de sobrecargas y aumento de vida útil	(Méndez et al. 2024)
Caídas de tensión	Alta demanda concentrada y conductores eléctricos subdimensionados	Aumento del calibre de los conductores	Optimización de los niveles de tensión y calidad de servicio	(García B. , 2024)

Problema identificado	Causa	Solución	Impacto en la red	Referencia
Desequilibrio de fases	Conexión monofásica de cargadores sin una distribución equitativa	Redistribución de las cargas eléctricas y una mejor planificación de las conexiones	Menos pérdidas y corrientes en el neutro	(Calo et al. 2023)
Aumento del pico de demanda	Coincidencia entre demanda residencial y carga de los VE	Gestión inteligente de la demanda energética	Disminución de picos	(Guanoluisa & Guerrero, 2026)
Saturación de puntos de carga públicos	Baja cobertura, pocas electrolineras	Expansión de electrolineras	Reducción de congestión	(Fonti, 2024)
Alta demanda	Empleo de cargadores DC sin planificación ni control	Incorporación de sistemas de carga inteligente	optimización del consumo energético	(Chiza et al. 2023)
Aumento del consumo residencial	Inclusión de nuevas cargas sin reducción del consumo base	Reemplazo de equipos eléctricos antiguos e ineficientes por nuevos equipos y sistemas de iluminación LED	Liberación de capacidad del sistema eléctrico	(Guamán et al. 2018)
Dependencia del sistema	Carga total del vehículo eléctrico	Incorporación de sistemas	Reducción de la demanda	(Villacrés, 2024)

Problema identificado	Causa	Solución	Impacto en la red	Referencia
eléctrico nacional	en todos horarios	los energéticos alternativos como sistemas fotovoltaicos o eólicos y sistemas de respaldo energético como bancos de baterías.	energética en la red de baja tensión	

Resultados

En base a la revisión de la literatura académica y del estudio de los parámetros técnicos de los VE y la red de baja tensión en Ecuador y en la ciudad de Cuenca, se alcanzaron resultados que posibilitan la cuantificación y caracterización de los principales efectos derivados de la incorporación de este tipo de vehículos en la red de baja tensión.

Demanda energética de los VE

La inclusión de los VE dentro de la red de baja tensión introduce nuevas cargas de potencia elevada, superando considerablemente el consumo usual residencial. En la siguiente tabla se muestran los valores típicos de consumo.

Tabla 6

Demanda energética

Carga	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h/día)	Consumo diario (kWh)
Iluminación	0.5	4	2
Refrigerador	0.4	24	9.6
Cocina de inducción	3.7	2	7.4
Sistema de Calefacción / Refrigeración	2	12	24
EV Carga lenta	3.3 – 7.4	8	26.4- 59.2
EV Carga Rápida	7-22	4	28-88
EV Carga Ultrarrápida	50-150	1	50-150

Nota. Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla anterior, un solo vehículo eléctrico puede consumir igual o más que varios electrodomésticos juntos, lo que evidencia un aumento considerable en la demanda energética total de un usuario residencial tradicional.

Impactos en los perfiles de carga

En cuanto al análisis de los perfiles de carga, se evidencia que la incorporación de un VE produce una concentración de demanda en horarios nocturnos, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7

Perfiles de carga

Escenario	Hora pico	Demanda (%)	Descripción
Sin presencia de VE	18:00 – 22:00	100	Demanda residencial tradicional
Presencia de VE sin control de sus cargas	19:00 – 22:00	130-180	Sobrecarga en transformadores
Presencia de VE con cargas controladas	22:00 – 06:00	110 – 130	Reducción de picos

Nota. Adaptado de (Guanoluisa & Guerrero, 2026)

De acuerdo con el estudio desarrollado por Guanoluisa & Guerrero (2026), la carga no controlada de los vehículos eléctricos aumenta considerablemente la demanda pico, por otro lado, una gestión adecuada, basada en la modificación de los horarios de carga, permite distribuir el consumo en otros rangos horarios.

Evaluación en los transformadores de distribución

En los transformadores de distribución, de baja tensión, se observa que estos elementos son uno de los componentes más vulnerables frente a la inclusión de vehículos eléctricos

varios estudios como el desarrollado por (Briceño et al. 2024) y (Méndez et al. 2024), describen que niveles de inclusión de VE dentro de la red de baja tensión puede ocasionar sobrecargas y operación fuera de los límites nominales, en relación con la capacidad instalada, lo que se traduce en la reducción de la vida operacional del transformador y el incremento de la probabilidad de ocurrencia de fallas.

Tabla 8

Capacidad de transformadores frente a la inclusión de VE

Capacidad del Transformador (kVA)	Carga base (%)	Inclusión de VE	Estado operativo
50	70	10	Operación Normal
50	70	20	Riesgo de sobrecarga
50	70	20	Sobrecarga crítica
75	65	20	Estable
75	65	40	Riesgo de sobrecarga

Nota. Adaptado de (Briceño et al. 2024)

En base a la tabla 8, se puede establecer que los transformadores pueden saturarse con rapidez en escenarios con niveles moderados de inclusión de VE, y que para un mayor porcentaje de inclusión de VE se requiere una planificación más exhaustiva.

Caídas en la tensión de la red

La incorporación de varias estaciones de carga residenciales de VE, en una misma red, puede generar reducciones significativas en los niveles de voltaje, particularmente en los nodos más lejanos del transformador. Este inconveniente incrementa su efecto en escenarios donde los conductores no están dimensionados para sobrellevar corrientes

elevadas, lo que afecta directamente la calidad del servicio eléctrico (Banegas & Morejón, 2024).

Tabla 9

Caídas de tensión

Escenario	Caída de Tensión (%)	Cumplimiento de normativas
Sin vehículos eléctricos	1 – 3	Cumple
Con vehículos eléctricos, baja penetración	3 – 5	Límite permisible
Con vehículos eléctricos, alta penetración	5 – 10	No cumple

Nota. Adaptado de (Banegas & Morejón, 2024)

Valores superiores al 5 % en la caída de tensión, afectan la calidad del servicio eléctrico y pueden ocasionar fallas en electrodomésticos sensibles.

Desbalance de fases

La conexión desorganizada de cargadores de los VE genera desequilibrios

Tabla 10

Desbalance de fases

Escenarios	Desbalance (%)	Consecuencias
Balanceado	5 %	Normal
Moderado	5 – 10	Aumento de pérdidas
Crítico	> 10	Sobrecalentamiento y fallas

Nota. Adaptado de (Pico et al. 2024)

Estrategias para evitar el deterioro de la red BT

Dentro de las estrategias para mitigar el impacto del deterioro de la red de baja tensión, por la inclusión de cargadores de baterías de vehículos eléctricos es la inclusión de cargadores inteligentes, con el propósito de trasladar el consumo energético derivado de la carga de los VE hacia horarios en donde la demanda pico doméstica es baja, de acuerdo con Morejón et al. (2024), esta estrategia reduce los picos de demanda entre un 20 y 30 % de la curva de demanda.

En la siguiente tabla se muestran más estrategias para mitigar los efectos:

Tabla 11

Estrategias para mitigar el deterioro de la red BT

Problema	Estrategia	Descripción	Resultados esperados
Sobrecargas en transformadores	Reemplazo de transformadores antiguos por equipos mayor capacidad.	Reemplazar de transformadores de baja tensión antiguos por equipos modernos con una mayor capacidad que incluyan monitoreo ANSI/IEC para evitar sobrecargas	Mayor capacidad Aumento de la vida operativa
	Inclusión de Smart Grids con DMS.	Incluir sistemas de gestión dinámica (DMS) para ajustar las cargas en tiempo real a través de sensores IoT.	Menor incidencia de picos Mayor eficiencia
Caídas de tensión	Conductores de calibre mayor.	Incrementar la sección de los conductores en alimentadores residenciales	Reducción en la desviación de voltaje

Problema	Estrategia	Descripción	Resultados esperados
	V2G	Los VE introducen energía de las baterías a la red en picos, de tal manera que se estabiliza el voltaje local a través de la metodología V2G (vehicle to grid) donde el VE consume energía y también puede devolver la energía almacenada en su batería a la red.	Recuperación de entre el 5 y 10 % de la energía
	Balaneo de fases.	de Redistribución de cargas monofásicas entre fases trifásicas.	Reducción del desbalance
Desequilibrio de fases	Cargadores trifásicos de forma obligatoria.	Inclusión de puntos de carga Wallbox normalizados que incluyen una carga segura y un control inteligente con potencias de entre 3.7 a 22 kW	Armónicos THD <8%
Pico de demanda doméstica nocturna	Tarifas diferenciadas.	Precios bajos para cargas de los VE en horarios donde la demanda doméstica no es alta.	Reducción del 25 % de los picos

Problema	Estrategia	Descripción	Resultados esperados
	Gestión adecuada de la demanda.	Plataformas centralizadas, inclusión de zonas exclusivas de cargas en zonas residenciales para evitar que cada vivienda incumpla con las normativas para la inclusión de cargadores domésticos.	Factor de coincidencia de carga simultánea
Armónicos	Filtros pasivos y activos.	Instalación de electrolineras para mitigar THD (distorsión armónica total) de los convertidores AC - DC	Reducción de sobrecalentamientos
	Carga gestionada a partir de aplicativos móviles	El aplicativo gestiona y limita la corriente de acuerdo con el estado de la red, evitando distorsiones	Aumento de vida operativa
Aumento de VE	Almacenamiento distribuido	Baterías residenciales con la inclusión de sistemas fotovoltaicos para descongestionar la red de baja tensión.	Reducción de la dependencia de la red
	Monitoreo a través de SCADA	Sensores en los transformadores pueden predecir fallas.	Reducción en tareas de mantenimiento

Problema	Estrategia	Descripción	Resultados esperados
			Aumento de la continuidad operativa

Nota. Elaboración propia

Conclusiones

- La incorporación de vehículos eléctricos en la red de baja tensión en Cuenca, Ecuador, provoca un impacto técnico considerable, particularmente en términos de aumento en la demanda energética, variaciones de los perfiles de carga y exigencias en los componentes de la red. Si bien, la inclusión de los vehículos eléctricos, en la ciudad y el país, es viable, esta depende de una adecuada planificación, aplicación de estrategias de control energético y la modernización y ampliación de la infraestructura eléctrica, de tal manera que se asegure estabilidad y confiabilidad del sistema eléctrico.
- Los VE muestran patrones de carga concentrados en horarios nocturnos, concordando con los picos de uso residencial, lo que genera una superposición de cargas. Sumado a ello, la demanda energética de cada VE es considerablemente mayor a la de los electrodomésticos tradicionales, evidenciando que la red de baja tensión está diseñada para consumos tradicionales, y posee limitaciones para solventar una elevada inclusión de VE sin mostrar afecciones operativas.
- La incorporación de VE genera efectos técnicos relevantes en la red de baja tensión, como caídas de tensión, sobrecargas en transformadores y desbalances de fases. Estas afecciones se incrementan en escenarios donde existen cargas simultáneas de VE sin control, comprometiendo la calidad del sistema eléctrico, minimizando la vida útil de los equipos y elevando el riesgo de fallas en la red.
- La mitigación de los efectos ocasionados por la inclusión de vehículos eléctricos necesita una implementación de estrategias relacionadas al control inteligente de la carga, fortalecimiento de la infraestructura eléctrica, empleo de tarifas diferenciadas de acuerdo con el horario de carga, planificación adecuada de la ubicación de puntos de carga y modos de carga. Estas medidas permitirán mejorar el uso de la red, minimizar picos de demanda y garantizar una integración segura, sostenible y eficiente de los EVs/VE en el sistema de baja tensión.

Referencias

- Achaval, R. (2025). *Viabilidad de la Transición Energética en las Estaciones de Servicio*. Comillas, Máster Universitario en Ingeniería Industrial. Madrid: ICAI. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/96655/TFM%20Achaval%20Rodrigo%2c%20Pedro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Advancedfleet. (11 de Abril de 2022). *Todo sobre la recarga de los coches eléctricos*. Advancedfleet: <https://advancedfleetmanagementconsulting.com/blog/2020/02/05/todo-sobre-la-recarga-de-los-coches-electricos/>
- ARCONEL. (2024). *Panorama Eléctrico*. <https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/01/22-Edicion-Panorama.pdf>
- ARCONEL. (2025). *Impacto del cambio climático en la planificación de la operación del Sistema Nacional Interconectado*. https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/10/PanoramaElectrico-30_v5-1.pdf
- Audax. (28 de Junio de 2021). *Usos de los transformadores trifásicos*. 2026 de Marzo de 30, from Audax: <https://www.audax.com.pe/transformadores-trifasicos/>
- Audi Ecuador. (01 de Febrero de 2026). *Audi e-tron*. <https://www.audi.com.ec/es/modelos/tron/audi-e-tron-2023/>
- Automagazine. (20 de Agosto de 2021). *La nueva motocicleta deportiva eléctrica Urbet Nura*. Automagazine: <https://automagazine.ec/tag/moto-electrica/>
- Automagazine. (24 de Octubre de 2022). *Bicicletas eléctricas: alternativa de movilidad sustentable*. 1 de Marzo de 2026, from Automagazine: <https://automagazine.ec/bicicletas-electricas-alternativa-de-movilidad-sustentable/>
- Banegas, D., & Morejón, P. (2024). *Evaluación del impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en la calidad de energía en un tramo de red de distribución de bajo voltaje*. Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/44971>

- Banegas, D., Morejón, P., & Ochoa, D. (2024). Impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en la calidad de energía de la red de distribución: Una prospección literaria. *CEDAMAZ*, 14(1), 69-79. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v14i1.2220>
- Baquero, M., y Quesada, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca,. *MASKANA*, 7(2), 147-165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>
- Barbecho, P., López, C., Medina, C., & Tripp, C. (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>
- Bayram, S., Hunter, L., Senol, M., y Sevdari, K. (2024). Analyzing Phase Imbalance in Smart Charging of Multiple EVs: An Experimental. -*Mobility Power System Integration*, 1(2), 1-5. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/377350044/E_Mobility_Power_System_Integration_Symposium.pdf
- BBVA. (25 de Agosto de 2023). *¿Quién inventó el primer coche eléctrico?* 28 de Febrero de 2026, from <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quien-invento-el-primer-coche-electrico/>
- Briceño, E., Rodríguez, K., Amador, H., & Melgar, O. (2024). Evaluando el impacto de la conexión de vehículos eléctricos en una red de baja tensión de Honduras. *Innovare Revista De Ciencia Y tecnología*, 12(2), 53-60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5377/innovare.v12i2.16603>
- BYD. (01 de Febrero de 2026). *bydet3*. <https://bydet3.com/>
- Bydauto. (01 de ENERO de 2026). *BYD SEALION 7*. <https://bydauto.ec/project/byd-sealion/>
- Calo, E., Balseca, E., Segura, R., & Vaca, G. (2023). Demanda en la Red de Distribución del Circuito Primario Olímpica y su Impacto en la Implementación de Electrolineras. *Digital Publisher CEIT*, 8(6), 526-536. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.6.2133>

- Castillo, A., Ribadeneira, V., López, E., & Zurita, J. (2025). Método neutrosófico para la evaluación del impacto. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, 37(2025), 555-563.
- Chiza, L., Lascano, J., Quinatoa, R., & Tapia, J. (2023). Estimación de la Demanda de una Estación de Carga para Vehículos Eléctricos Mediante la Aplicación de Métodos Probabilísticos. *Revista Técnica Energía*, 20(1), 1-118. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.569>
- Clemente, L. (2025). *Análisis comparativo del consumo energético y emisiones de CO2 de un vehículo a gasolina y un vehículo eléctrico bajo condiciones reales de circulación en Lima Metropolitana*. Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, Lima. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/31866>
- Cuenca, M., Parrales, W., Rendon, B., & Taipe, S. (2025). Impacto Técnico de Estaciones de Carga Rápida en una Red de Distribución Urbana Ecuatoriana. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 6(2), 1507-1515. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i2.777>
- DONGFENG. (01 de Febrero de 2026). *Mage EV*. <https://www.dongfeng.ec/mage-ev>
- Ecomove. (10 de Enero de 2025). *Scooters eléctricos*. 1 de Marzo de 2026, from Ecomove: <https://ecomove.com.ec/categoria-producto/scooters-electricos/?srsltid=AfmBOop2tve5iznN14UMwnzpmXxgxMA6AYpZNM2SmN9D2jE0baqPIAEa>
- EERSSA. (Enero de 2012). “NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES. https://www.eerssa.gob.ec/eerssa/lotaip/2023/mayo/archivos/a3/Normas_tecnicas_diseno_redes_electricas_urbanas_rurales.pdf
- Einfochips. (10 de Febrero de 2026). *IEC 61851: Todo lo que necesita saber sobre el estándar de carga EV*. <https://www.einfochips.com/blog/iec-61851-everything-you-need-to-know-about-the-ev-charging-standard/>
- ElectroMaps. (2025). *Puntos de carga en Cuenca*. 28 de Marzo de 2026, from Puntos de carga en Cuenca: <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/ecuador/cuenca>

- Electromaps. (26 de Marzo de 2026). *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Ecuador*. 26 de Marzo de 2026, from Puntos de carga en Cuenca: <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/ecuador/cuenca>
- Endesa. (10 de Enero de 2021). *Generación distribuida*. 25 de Marzo de 2026, from Endesa: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generacion-distribuida>
- ESMOVE. (1 de Noviembre de 2023). *Esquemas para la instalación de puntos de recarga de coches eléctricos*. ESMOVE: <https://esmove.es/esquemas-de-instalacion-recarga-de-coches-electricos/>
- Fischer, R. (2026). Principios de la provisión de infraestructuras. In C. Ocaña, & G. de Rus, *LA ECONOMÍA DE LAS INFRAESTRUCTURAS EN ESPAÑA: REALIDAD, RETOS Y RECOMENDACIONES* (pp. 15-45). Madrid, España: Funcas. [https://doi.org/ISBN digital: 979-13-87770-11-2](https://doi.org/ISBN%20digital%3A979-13-87770-11-2)
- Fonti, Á. (31 de Octubre de 2024). *Ecuador cuenta con red de carga en solo 3 ciudades*. Mobility Portal: <https://www.mobilityportal.eu/es/notes/ecuador-cuenta-con-red-de-carga-en-solo-3-ciudades>
- García, B. (2024). *Análisis de la distorsión armónica en la red eléctrica de media tensión ante la inclusión de estaciones de carga para vehículos eléctricos*. Universidad EAN, Especialización en Gerencia de Proyectos. Bogotá: EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/d8ea8432-e899-4ac0-8288-f7ceba291992/content>
- García, E., y Trujillo, D. (2020). Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte. *Revista de I+D Tecnológico*, 16(1), 5-11. <https://doi.org/10.33412/idt.v16.1.2433>
- Gonzales, J., y Marca, A. (2024). Análisis de armónicos en sistemas eléctricos de potencia y normas regulatorias: impacto del horno de arco eléctrico de acerías. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 32(1), 1-18. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052024000100201>
- Guamán, J., Ríos, A., & Vargas, C. (2018). Análisis de la Implementación de una Estrategia de Reducción del Consumo Energético en el Sector Residencial del

- Ecuador: Evaluación del Impacto en la Matriz Energética. *Revista Técnica "Energía"*, 15(1), 15-1. [h/tps://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.328](https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.328)
- Guanoluisa, J., & Guerrero, W. (2026). *Determinación del impacto de la carga de vehículos eléctricos en una red de distribución para el sector residencial*. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Electricidad. Guayaquil: UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/32377>
- Guerrero, I. (2023). *Movilidad eléctrica: retos y deficiencias enmarcadas desde la infraestructura y marco regulatorio en Colombia*. Tesis de posgrado, Universidad Externado, Maestría en Regulación Energética, Bogotá. <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b26ef87-9482-4fe1-bd1f-513ef696a0ea/content>
- IEA. (2023). *Global EV Outlook Catching up with climate ambitions*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- Jara, E. (2023). *Localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en el área urbana de la ciudad de Riobamba mediante la aplicación de un proceso de análisis jerárquico*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/6b73def4-8560-4abb-9001-8faed38a1cfd/content>
- Kia Corporation. (01 de febrero de 2026). *EV6*. <https://www.kia.com/ec/showroom/ev6/features.html>
- Linares, J. (2023). La movilidad eléctrica en México en la tercera década del siglo XXI. Retos y oportunidades. *Nuevas territorialidades-economía sectorial y reconfiguración territorial*, 2(2023), 409-430. <https://doi.org/ISBN UNAM 978-607-30-8315-7>
- Manassero, U., Perdomo, M., & Vega, J. (2022). Impact of Electric Vehicles on the Distribution Network: Analysis under different modes of operation. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 22(2022), 40-50. <https://doi.org/10.36561/ING.22.5>

- Méndez, M., Linares, G., Strack, J., Murcia, G., Vignerte, J., Martínez, J., & Branda, J. (2024). Impacto Esperable de la Movilidad Eléctrica sobre la Cargabilidad de los Transformadores de un Distribuidor Residencial de Mar del Plata. *XV LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION*, 27(29), 1-10.
- Mercedes-Benz. (01 de febrero de 2026). *EQA*. <https://www.mercedes-benz.es/passengercars/models/suv/eqa/overview.html>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2018). *Plan Maestro de Electricidad*. <https://www.centrosur.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- Morejón, P., Banegas, D., & Ochoa, D. (2024). Impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en la calidad de energía de la red de distribución: Una prospección literaria. *CEDAMAZ*, 14(1), 69-79. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v14i1.2220>
- NEC. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/presentacion-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- NEC-SB-IE. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Instalaciones Eléctricas*.
- Pico, H., Pico, G., & Zabala, A. (2024). Los vehículos eléctricos y su impacto en el sistema eléctrico de distribución: Caso de estudio “Alimentador urbano de la ciudad de Portoviejo”. *Ingenius*, 32(2024), 27-35. <https://doi.org/10.17163/ings.n32.2024.03>.
- Plan de Electromovilidad de Cuenca. (2023). *1(1)*, 1-31. https://www.cideu.org/wp-content/uploads/R_Plan-Electromovilidad-E-Cuenca-1.pdf
- Rendon, B., Taipe, S., Parrales, W., y Cuenca, M. (2025). Impacto Técnico de Estaciones de Carga Rápida en una Red de Distribución Urbana Ecuatoriana. *Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1507-1518. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i2.777>
- Rosales, F. (2025). *sobrecargas en transformadores electricos*. Tesis de grado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, Ica.

<https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ddbd7c0d-dfdf-46a7-90be-ba6f502afd13/content>

Talavera, J. (2025). *Diseño de una microrred basada en una electrolinera autosostenible*. Tesis de grado, Universidad Politécnica de Catalunya, Ingeniería de la Energía, Barcelona. <https://upcommons.upc.edu/entities/publication/7529d6f0-3535-42ac-bc4b-e07a72936bd2>

Tesla. (10 de Enero de 2026). *Model S*. Tesla: https://www.tesla.com/es_es/models

Urbanmotors. (17 de Noviembre de 2021). *Movilidad eléctrica, el futuro del transporte*. 28 de Febrero de 2026, from Urbanmotors: <https://urbanmotorshop.es/movilidad-electrica-el-futuro-del-transporte/>

Vélez, J. (2017). *Análisis y estimación de la demanda eléctrica con la implementación de vehículos eléctricos conectados a una red de distribución en Cuenca y el Ecuador*. Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Cuenca. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/66bb235a-c102-4bf3-85f0-c326338b00d9/content>

Vélez, J. (2017). *Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador*". Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Cuenca. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/66bb235a-c102-4bf3-85f0-c326338b00d9/content>

Villacrés, E. (06 de Noviembre de 2024). *Propuesta de un modelo de planificación óptima de redes inteligentes (Smart Grids) incluyendo integración eficiente de recursos energéticos distribuidos (DER), aplicada a una red de distribución de la CENTROSUR*. Tesis de posgrado, Universidad de Cuenca, Maestría en Electricidad mención en Redes Eléctricas Inteligentes, Cuenca. [dspace-test.ucuenca.edu.ec: https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45668](https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45668)

Anexo I. Trabajos Académicos Analizados

Autor	Título del artículo	Fuente (Revista/Congreso)	Año	País / Contexto del estudio	Objetivo del estudio	Principales resultados	Limitaciones del estudio	Observaciones relevantes para la tesis	URL
Rodríguez, et al.	Evaluación del impacto de la conexión de vehículos eléctricos en una red de baja tensión de Honduras	Innovare	2024	Honduras/baja Tensión	Evaluar la capacidad de una red de distribución de baja tensión para hospedar VE como una nueva carga, la cual depende de patrones de conducción de sus usuarios	Se demuestra que algunas redes de distribución pueden tolerar hasta un 20% de penetración de VE sin exceder los límites técnicos y hasta un 50% de penetración dependiendo de las características físicas de la red	Estudio realizado a nivel local	Contribuye a la conceptualización del problema, revisión de la literatura, obtención de datos, desarrollo de la metodología, análisis y discusión de los resultados	https://revistas.unites.edu/innovare/article/view/284367
Torre, Jerónimo	Estudio del impacto de la incorporación del vehículo eléctrico a una Smartgrid	Universidad Carlos III de Madrid	2013	España/Media Tensión	estudiar el impacto del vehículo eléctrico (VE) en redes de baja tensión (BT) y en una red de media tensión (MT)	Un vector de recarga del vehículo eléctrico óptimo permite reducir las pérdidas en las redes, los niveles de carga de los transformadores y las caídas de tensión en los nudos de la red. Una gestión adecuada de la generación conectada a la red de media tensión permite reducir en gran medida la dependencia de la red de alta tensión.	Ninguna	Propone herramientas para determinar el número de VE que deben conectarse para obtener un perfil de potencia demandada lo más plano posible en las distintas redes.	https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/81c3e4d-9333-4b0f-9ec0-1aab1e1c6e69/content
Ali & Benalia	Electric vehicle charging stations impact on the distribution network	Journal of Electrical and Computer Engineering	2023	Brasil – red de distribución urbana	Evaluar impacto de estaciones de carga en pérdidas y estabilidad de voltaje	Aumento significativo de pérdidas y sobrecarga >25% penetración	No incluye medición experimental	Útil para modelado de escenarios urbanos	https://periodicos.ufv.br/jce/article/view/20813/10935?utm_source=chatgpt.com
Beneegas & Morón	Evaluación del impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en red de bajo voltaje	Tesis U. Cuenca	2022	Ecuador – red residencial	Analizar penetración progresiva de VE en transformador residencial	Violaciones de voltaje a partir de 15% penetración	Caso limitado a un alimentador	Referencia directa para contexto ecuatoriano	https://dspace.uca.edu.ec/bitstream/1886408-79d3-4231-9e8a-c63a264f9866?utm_source=chatgpt.com
Bañegas et al.	Impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en la calidad de energía de la red de distribución: Una prospección literaria	DOAJ	2024	Ecuador – red urbana	Evaluar carga doméstica y rápida en red LV	Carga lenta genera sobrecarga crítica >30%	No analiza armónicos	Comparación útil entre carga lenta y rápida	https://doi.org/10.54753/cedam.v14i1.2220
Cuencas et al.	Power Quality Issues of Electro-Mobility on Distribution Network — An Overview	Generando	2023	Ecuador / carga rápida	efectos técnicos y operativos de la integración de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos	Identifica armónicos como problema recurrente	No presenta simulación propia	Fundamento teórico para sección de calidad de energía	https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/777?utm_source=chatgpt.com
Lavareda et al.	Evaluación del Impacto de Servicios Auxiliares de V2G en una Red de Distribución: Caso de Estudio Alimentador Centro Babahoyo	Ingeniero	2025	Ecuador / Red de Distribución	Impacto de Servicios Auxiliares de V2G	Carga nocturna reduce impacto en picos	Limitado a zona específica	Ejemplo sólido de validación con datos reales	https://doi.org/10.29166/ingenio.v8i2.8150