



Análisis de ubicación y demanda de estaciones de carga para vehículos eléctricos en el norte de Bogotá para la gestión de nuevas electrolineras.

Winder Arbey Parra Ríos

Sneider Leandro Benavides Cepeda

Daniel Cardona Jaramillo

Proyecto NODO

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

noviembre de 2025

GESTION DE NUEVAS ELECTROLINERAS.

Análisis de ubicación y demanda de estaciones de carga para vehículos eléctricos en el norte de Bogotá para la gestión de nuevas electrolinerías.

Winder Arbey Parra Ríos

Sneider Leandro Benavides Cepeda

Daniel Cardona Jaramillo

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora

Doris Amanda Rosero García

Microbióloga, M.Sc., PhD.

Posdoctorado en Microbiología Ambiental

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

noviembre de 2025

Contenido

Lista de figuras	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción del problema.	9
1.1.1. Contexto internacional y nacional	9
1.1.2. Situación local: norte de Bogotá	10
1.2. La pregunta de investigación	11
1.3. Los objetivos de investigación	11
1.3.1. Objetivo general.....	11
1.3.2. Objetivos específicos.....	11
1.4. Justificación de la investigación	12
2. MARCO DE REFERENCIA.....	14
2.1. Marco de antecedentes.	14
2.2. Marco Teórico.	15
2.2.1. Estación de carga para vehículos.	15
2.2.2. Gestión de nuevas de nuevas electrolinerías.	16
2.2.3. Estaciones de carga para vehículos eléctricos en Bogotá.....	16
2.3. Marco normativo.	17
3. METODOLOGÍA	18
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	18
3.2. Población y muestra.....	18
3.2.1. Definición de la población.....	18
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra	19
3.3. Instrumento	19
3.4. Descripción de procedimientos	20

GESTION DE NUEVAS ELECTROLINERAS.

- 3.5. Análisis de información..... 20
- 4. RESULTADOS 21
- 5. DISCUSIÓN 31
- 6. CONCLUSIONES..... 32
- 7. RECOMENDACIONES..... 33
- Referencias..... 36

Lista de figuras

Figura 4.1 Rangos Etarios de usuarios encuestados de VE.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4.2 Genero de encuestados.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4.3 Localidades de residencia de los encuestados.	22
Figura 4.4 Tendencia de vehículos según los usuarios.	22
Figura 4.5 Tiempos de recurrencia en recarga eléctrica.....	23
Figura 4.6 Preferencia de lugar para recargar el vehículo.	23
Figura 4.7 Percepción sobre accesibilidad de estaciones de carga.	24
Figura 4.8 Nivel de satisfacción frente la cobertura.	24
Figura 4.9 Conectores más utilizados.	25
Figura 4.10 Tendencia de cargadores o convencionales 25	25
Figura 4.11 Tiempo Promedio de recarga.....	26
Figura 4.12 Tiempos de espera para recarga.....	26
Figura 4.13 Percepción sobre suficiencia de infraestructura.	27
Figura 4.14 Disposición a pagar por carga rápida.....	27
Figura 4.15 Aspectos valorados en una electrolinera.....	28
Figura 4.16 Identificación de mejoras.....	29
Figura 4.17 Interés en la disponibilidad de aplicación digital.	29
Figura 4.18 Percepción sobre la movilidad eléctrica.	29
Figura 4.19 Percepción sobre la necesidad de más electrolineras.	30

Resumen

La investigación examina la disponibilidad de electrolineras y su relación con el crecimiento del parque automotor eléctrico. El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo mediante la aplicación de una encuesta a propietarios y conductores de vehículos eléctricos, con el propósito de identificar patrones de uso, niveles de satisfacción y factores que inciden en la elección de los puntos de carga. Los resultados evidencian un desequilibrio territorial en la ubicación de las electrolineras, concentradas principalmente en zonas de alta actividad económica, lo que limita la accesibilidad en áreas residenciales y genera una dependencia de la recarga domiciliaria. A partir del procesamiento de datos, se plantea un modelo que integra variables técnicas, económicas y sociales, orientado a optimizar la ubicación de nuevas estaciones de carga. Asimismo, se destacan factores clave como la percepción de seguridad, la confiabilidad del servicio y la necesidad de soluciones digitales que informen en tiempo real sobre la disponibilidad y los costos de recarga. Los hallazgos coinciden con estudios que alertan sobre la urgencia de planificar estratégicamente la expansión de la infraestructura eléctrica urbana. La investigación se enmarca en la sublínea “Innovación, sostenibilidad empresarial y valor compartido” del programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de UNIMINUTO, al promover la integración de la innovación tecnológica, la eficiencia energética y la sostenibilidad urbana como ejes de desarrollo.

Palabras clave: Movilidad eléctrica, estaciones de carga, sostenibilidad urbana, Bogotá.

Abstract

The research examines the availability of charging stations and their relationship with the growth of the electric vehicle fleet. The study employed a quantitative approach, utilizing a survey to gather data from electric vehicle owners and drivers, aiming to identify usage patterns, satisfaction levels, and factors influencing the choice of charging points. The results reveal a territorial imbalance in the distribution of charging stations, which are predominantly located in areas of high economic activity, thereby limiting accessibility in residential areas and fostering a dependence on home charging. Based on data analysis, a model is proposed that integrates technical, economic, and social variables, aiming to optimize the location of new charging stations. Key factors such as the perception of safety, service reliability, and the need for digital solutions that provide real-time information on availability and charging costs are also highlighted. The findings align with studies that highlight the urgent need for strategic planning to expand urban electrical infrastructure. The research is part of the “Innovation, Business Sustainability, and Shared Value” sub-line of UNIMINUTO's Project Management Specialization program, promoting the integration of technological innovation, energy efficiency, and urban sustainability as pillars of development.

Keywords: Electric mobility, charging stations, urban sustainability, Bogotá.

Introducción

En las últimas décadas, el acelerado crecimiento urbano y el aumento de las emisiones contaminantes provenientes del transporte han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles que contribuyan a mitigar los efectos del cambio climático. En este contexto, la movilidad eléctrica ha emergido como una solución tecnológica y ambientalmente responsable, al ofrecer un modelo de transporte limpio, eficiente y alineado con los compromisos internacionales de descarbonización. Sin embargo, su expansión depende directamente de la disponibilidad, cobertura y accesibilidad de infraestructura de carga eléctrica, la cual representa uno de los mayores desafíos para su consolidación en las principales ciudades del mundo.

En Colombia, la adopción de vehículos eléctricos ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, respaldado por políticas públicas, incentivos tributarios y programas de movilidad sostenible promovidos por el Gobierno Nacional y entidades como el Ministerio de Transporte, la UPME y la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (International Energy Agency (IEA), 2023). A pesar de estos avances, la infraestructura de carga aún presenta desequilibrios territoriales, concentrándose principalmente en zonas de alta actividad económica y dejando vacíos en sectores con creciente demanda de usuarios. Esta situación es especialmente visible en la zona norte de Bogotá, donde el aumento de vehículos eléctricos ha superado la capacidad instalada de las electrolineras disponibles.

El presente estudio surge ante la necesidad de analizar la ubicación y la demanda de las estaciones de carga existentes en la zona norte de Bogotá, con el fin de proponer estrategias de gestión para la instalación de nuevas electrolineras que respondan a las necesidades reales de los usuarios y favorezcan la transición hacia una movilidad sostenible. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, mediante la aplicación de encuestas estructuradas a propietarios y conductores de vehículos eléctricos, cuyos resultados permitieron identificar los patrones de uso, los niveles de satisfacción y los factores que inciden en la decisión de recarga.

A partir del análisis de los datos obtenidos, se busca ofrecer información técnica y socialmente relevante para los tomadores de decisiones, planificadores urbanos y empresas del sector energético, facilitando la priorización de áreas estratégicas para la expansión de la infraestructura de carga. Asimismo, el estudio contribuye al conocimiento académico sobre la movilidad eléctrica en contextos urbanos, integrando dimensiones tecnológicas, territoriales y de percepción ciudadana.

El documento se estructura en ocho capítulos. El primero presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación del estudio. El segundo desarrolla el marco de referencia teórico y conceptual sobre movilidad eléctrica e infraestructura de carga. El tercer capítulo describe la metodología empleada, incluyendo la población, el instrumento de recolección de datos y las consideraciones éticas. En el cuarto se formulan las hipótesis y variables del estudio. Los capítulos cinco y seis exponen los resultados obtenidos y la discusión comparativa con la literatura revisada. Finalmente, los capítulos siete y ocho presentan las conclusiones y recomendaciones, orientadas a fortalecer la gestión y planificación de nuevas electrolinerías en la ciudad de Bogotá.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema.

La rápida expansión del parque automotor eléctrico en Bogotá plantea retos significativos para la planificación urbana y energética, particularmente en la zona norte de la ciudad, donde la concentración de usuarios potenciales es cada vez mayor. Sin embargo, la infraestructura de carga pública y semipública no ha crecido al mismo ritmo, generando un desbalance entre la demanda proyectada y la oferta disponible de estaciones de carga.

1.1.1. Contexto internacional y nacional

En el ámbito internacional, la electromovilidad se ha convertido en una estrategia clave para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar la contaminación urbana y cumplir con los compromisos de acción climática adoptados bajo acuerdos como el Acuerdo de París. Países de Europa, Asia y Norteamérica ya enfrentan retos de localización óptima, capacidad de la red eléctrica y distribución de puntos de recarga para vehículos eléctricos (Amirgholy, Shahabi, & Gao, 2017), donde la mayoría de los estudios coinciden en que la infraestructura de carga no ha crecido al mismo ritmo que el parque automotor eléctrico,

generando cuellos de botella en disponibilidad, tiempos de espera y eficacia del sistema de carga (Hosein, Ramharack, & Tiu, 2023) .

En Colombia, la tendencia de crecimiento de vehículos eléctricos e híbridos es evidente (FENALCO y ANDI, 2025), para abril de 2025, se matricularon 1.286 vehículos eléctricos, lo que representó un aumento de 254,3 % frente al mismo mes del año anterior. En el acumulado entre enero y mayo de 2025, ya se reportaban 6.153 vehículos eléctricos nuevos matriculados, lo que representa un crecimiento del 252 % comparado con el mismo periodo de 2024. (LATAM MOBILITY, 2024) Asimismo, en 2024 se vendieron 9.178 vehículos eléctricos en Colombia, cifra récord que implicó un incremento del 150 % frente al año anterior. Portafolio En cuanto a los híbridos, el crecimiento también es significativo 42.668 unidades matriculadas en 2024 (Balaguera, 2024).

Además, a mediados de 2022 el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) registró 8.299 vehículos eléctricos, superando las metas previstas en el Plan Nacional de Desarrollo. Según el Ministerio de Transporte, indica no solo un crecimiento cuantitativo, sino que están aumentando las expectativas y compromisos del Estado hacia la movilidad sostenible (Ministerio de Transporte de Colombia, 2025).

1.1.2. Situación local: norte de Bogotá

Bogotá es la ciudad con mayor número de vehículos eléctricos matriculados en Colombia; lidera las cifras de matriculación en 2022, con 1.581 unidades frente a ciudades mucho más pequeñas, lo que demuestra la concentración de este mercado en la capital (Balaguera, 2024). Las localidades del norte de Bogotá —Usaquén, Suba, Chapinero y Barrios Unidos— presentan una concentración significativa de población de mayores ingresos, flujos vehiculares elevados, zonas residenciales y comerciales, y por lo tanto un potencial alto para la adopción de vehículos eléctricos. Sin embargo, los estudios disponibles señalan que la infraestructura de carga pública y semipública no ha sido suficiente ni adecuadamente distribuida para cubrir las necesidades presentes ni las proyectadas hacia 2025, lo que limita la confianza de los usuarios potenciales.

A la fecha, no existen datos públicos que brinden un inventario completo y desagregado por estas localidades del número, potencia, tipos de conectores ni densidad espacial de estaciones de carga. Tampoco se conoce con precisión qué marcas de vehículos eléctricos están más presentes en estas

zonas ni las preferencias de los usuarios respecto a potencia de carga o ubicación. Esto genera una falta de información esencial para la planificación eficiente. Según la Unidad de Planeación Minero Energética, “la localización de estaciones de carga requiere de una planificación estratégica que considere la demanda proyectada, la capacidad de la red y la distribución espacial para garantizar acceso equitativo” (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2020.p.47).

1.2. La pregunta de investigación

¿Qué brechas existen entre la infraestructura de carga disponible y las necesidades de los usuarios de vehículos eléctricos para la gestión de nuevas electrolineras en el Norte de Bogotá?

1.3. Los objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar la ubicación y la demanda de estaciones de carga para vehículos eléctricos en el norte de Bogotá con el fin de proponer criterios de gestión para la instalación de nuevas electrolineras.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar las características actuales de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos en el norte de Bogotá.

Describir los patrones de uso y la demanda de estaciones de carga por parte de los usuarios de vehículos eléctricos en la zona de estudio.

Comparar la cobertura actual de estaciones con la demanda proyectada para determinar brechas de infraestructura.

1.4. Justificación de la investigación

La presente investigación surge como una respuesta necesaria al desequilibrio entre el crecimiento del parque automotor eléctrico y la infraestructura de carga en el norte de Bogotá. Este desajuste no solo representa una barrera técnica, sino también una oportunidad para transformar la movilidad urbana. En palabras de Trujillo, la falta de estaciones de carga limita la confianza de los usuarios en los vehículos eléctricos y frena la inversión, la innovación tecnológica y la reducción de emisiones contaminantes (Guerrero, 2023). Este estudio, por tanto, es conveniente al ofrecer insumos concretos que beneficien a tomadores de decisiones, empresas de energía, gobiernos locales y ciudadanos interesados en transitar hacia tecnologías limpias.

Desde el punto de vista social, esta investigación tiene una proyección significativa. La movilidad eléctrica, requiere de un ecosistema innovador que articule a múltiples actores mediante inteligencia colectiva, promoviendo soluciones que respondan a las necesidades reales del territorio. Este estudio, centrado en localidades como Usaquén, Suba, Chapinero y Barrios Unidos, ayudará a identificar brechas sociales, técnicas y ambientales y permitirá acceder a información confiable para optar por alternativas de movilidad sostenible. Así, el estudio se alinea con la visión de sostenibilidad propuesta por Ban Ki-moon (Guerrero, 2023), al buscar un equilibrio entre progreso económico, equidad social y preservación ambiental.

En términos prácticos y metodológicos, el estudio se justifica por su potencial para ofrecer información a una problemática concreta: la escasez de estaciones de carga en zonas con alta demanda. A través del desarrollo de un análisis comparativo que integre variables como patrones de movilidad, características socioeconómicas y tipos de conectores, se podrán obtener conclusiones sólidas para orientar la planificación urbana. Como señalan Acosta, la viabilidad financiera y técnica de estas instalaciones es positiva, con indicadores como un VPN favorable y una tasa de retorno atractiva, lo que refuerza la pertinencia de investigar cómo y dónde expandir la infraestructura de carga (Acosta, Chumbe, Ortigoza, Palencia, & Sarmiento, 2021).

Adicionalmente, organismos internacionales destacan que la brecha entre el aumento de vehículos eléctricos y la infraestructura de recarga es un desafío recurrente en América Latina. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2020), “uno de los principales desafíos para la electromovilidad en la región es la rápida adopción de vehículos eléctricos

frente al rezago en la instalación de infraestructura pública”. De igual forma, la Agencia Internacional de Energía advierte que “la expansión de vehículos eléctricos debe ir acompañada de inversiones sostenidas en infraestructura de recarga, de lo contrario la confianza del consumidor se verá afectada y se ralentizará la transición” (International Energy Agency (IEA), 2023). Estos referentes internacionales subrayan la urgencia de un análisis territorial como el que se propone en esta investigación.

En Colombia, el Ministerio de Transporte, evidenció que el país superó la meta del Plan Nacional de Desarrollo al alcanzar 8.299 vehículos eléctricos registrados en el RUNT, lo que implica un crecimiento más acelerado de lo previsto (Ministerio de Transporte de Colombia, 2025). Sin embargo, la Unidad de Planeación Minero Energética, advierte que la localización de estaciones de carga requiere una planificación estratégica que considere la demanda proyectada, la capacidad de la red y la distribución espacial para garantizar el acceso equitativo (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2020.p.47). La investigación propuesta aporta precisamente en este sentido: generar insumos analíticos y metodológicos que permitan entender cómo debe configurarse la infraestructura en el norte de Bogotá hacia 2025.

En cuanto a los beneficios concretos, se pueden identificar diversos actores que se verán impactados positivamente.

La comunidad científica: gana un caso aplicado de electromovilidad en contexto colombiano, que complementa la literatura internacional aún incipiente en el tema.

El gobierno y los entes territoriales: reciben insumos para diseñar políticas públicas más ajustadas a la demanda real y a la distribución territorial de usuarios.

Las empresas del sector energético y de transporte: obtienen información clave para orientar inversiones en infraestructura de recarga y diseñar modelos de negocio sostenibles.

La comunidad del norte de Bogotá: se beneficia de un diagnóstico que puede facilitar el acceso a soluciones de movilidad más limpias, seguras y equitativas.

Los estudiantes-investigadores: desarrollan competencias en gerencia de proyectos, análisis territorial y metodología científica aplicada, lo que fortalece su perfil profesional.

El valor teórico y educativo de este trabajo es destacable. No solo llena vacíos de conocimiento respecto a la relación entre la demanda de vehículos eléctricos y la oferta de infraestructura en Bogotá,

sino que también contribuye a la revisión y fortalecimiento de marcos conceptuales sobre planificación urbana, sostenibilidad y transición energética. Desde una perspectiva pedagógica, este estudio es una herramienta de aprendizaje para los estudiantes de gerencia de proyectos, como los propios autores, al aplicar metodologías reales para resolver problemas del entorno. Como lo señala Hernández Sampieri et al (Sampieri & Torres, 2018), una investigación válida debe ser viable, y este estudio cumple con dicho requisito al contar con acceso a fuentes confiables como el RUNT, el Ministerio de Transporte, ANDEMOS y otros actores estratégicos.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de antecedentes.

Diversas investigaciones en Colombia han abordado la relación entre la movilidad sostenible y la infraestructura para vehículos eléctricos, destacando la necesidad de una planificación técnica y social que garantice su expansión equitativa. El trabajo de Hidalgo Camacho (2025) titulado Movilidad sostenible y mejora de la infraestructura de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, constituye un referente relevante por su enfoque metodológico cuantitativo basado en encuestas estructuradas aplicadas a 53 habitantes de la capital. Este estudio empleó la encuesta digital como instrumento principal de recolección de datos, distribuida mediante la plataforma WhatsApp, lo cual permitió alcanzar una muestra representativa y obtener información confiable sobre el conocimiento, la percepción y las actitudes de los ciudadanos frente a la movilidad eléctrica. El autor resalta la importancia de fortalecer las políticas públicas y los incentivos económicos que fomenten la adopción de vehículos eléctricos. Los resultados evidencian una correlación directa entre la infraestructura disponible y la disposición de la ciudadanía a migrar hacia tecnologías limpias. En conjunto, la investigación aporta una base empírica sólida para orientar estrategias locales que impulsen la transición energética y la movilidad sostenible en Bogotá (Camacho, 2024).

El informe técnico “Electric Vehicle Charging Survey” elaborado por la Energy Efficiency and Conservation Authority (EECA) de Nueva Zelanda en 2021, constituye un antecedente clave en el estudio del comportamiento de los usuarios de vehículos eléctricos. Esta investigación tuvo como propósito analizar los hábitos de carga, las preferencias y las barreras asociadas al uso de estaciones públicas, en el marco del creciente desarrollo de la movilidad eléctrica en el país. El estudio fue desarrollado por la

agencia TRA y empleó como instrumento de recolección de datos una encuesta en línea, aplicada entre el 8 de julio y el 2 de agosto de 2021. En total, 932 personas participaron en la encuesta, proporcionando información detallada sobre la frecuencia de carga, los lugares preferidos (hogar frente a estaciones públicas) y los factores que influyen en la elección del punto de carga. Este antecedente ofrece un panorama empírico relevante para comprender el comportamiento de los usuarios y orientar estrategias de expansión de infraestructura de carga a nivel internacional (Burroughs, Kolich, Byers, & Nordstrom, 2021).

El estudio “Análisis de resultados obtenidos para la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en la ciudad de Riobamba” se enmarca en la creciente necesidad de promover la movilidad eléctrica como estrategia sostenible frente a los problemas de congestión, contaminación y dependencia de combustibles fósiles en Ecuador. En su marco de antecedentes, los autores destacan que la ciudad de Riobamba presenta un crecimiento vehicular acelerado y una limitada infraestructura de carga, lo cual obstaculiza la adopción de vehículos eléctricos. La investigación se desarrolló con un enfoque mixto, integrando análisis técnico de la red eléctrica, estudios de factibilidad y diagnóstico social mediante encuestas. El instrumento de recolección de datos principal fue una encuesta presencial, aplicada en las cinco parroquias urbanas de la ciudad, orientada a conocer la percepción ciudadana e institucional sobre la instalación de electrolineras. En total, 1.072 personas fueron consultadas, incluyendo 341 conductores de taxi, quienes representan un sector clave para la transición hacia la movilidad eléctrica. Los resultados permitieron identificar la disposición de los habitantes a utilizar vehículos eléctricos, las principales barreras económicas y la necesidad de ubicar puntos de carga estratégicos. Promoviendo la sostenibilidad urbana y la modernización del transporte en ciudades intermedias como Riobamba (Puca, Meza, Parra, Zavala, & Palacios, 2025).

2.2. Marco Teórico.

2.2.1. Estación de carga para vehículos.

Las estaciones de carga para vehículos eléctricos, también denominadas electrolineras, constituyen infraestructuras fundamentales que permiten el suministro seguro y controlado de energía

a los automotores eléctricos. Su funcionamiento se basa en la conversión de corriente alterna a corriente directa y en la gestión del proceso de recarga según la potencia y el tipo de conector utilizado (Laverde & Ramírez, 2018). Estas estaciones incorporan sistemas de medición, comunicación y control que garantizan la seguridad operativa y la compatibilidad entre diferentes modelos de vehículos. Su diseño técnico requiere considerar la capacidad de la red eléctrica, la demanda prevista y la accesibilidad para los usuarios (Morocho, 2017). En Colombia, la Resolución 40223 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía establece los lineamientos técnicos, de seguridad y los estándares de conectores, consolidando a las estaciones de carga como un componente esencial para el desarrollo sostenible de la movilidad eléctrica (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2021).

2.2.2. Gestión de nuevas de nuevas electrolinerías.

La gestión para la instalación de nuevas electrolinerías requiere un proceso integral que combine diagnóstico de demanda, planificación territorial y evaluación técnica de la red eléctrica. El éxito de esta gestión depende de identificar las áreas con mayor concentración de vehículos eléctricos y proyectar su crecimiento mediante modelos de localización óptima y análisis de movilidad (Aarabi, Khanahmadi, & Awasthi, 2025). Se debe coordinar con los operadores de red para garantizar la capacidad eléctrica necesaria y evitar afectaciones en la estabilidad del sistema. Además, la implementación de tecnologías de carga inteligente mejora la eficiencia y reduce la sobrecarga de la infraestructura (Tankou, Khan, Yang, & Dallmann, 2023). Se destaca la gestión efectiva de nuevas estaciones que exigen marcos regulatorios claros, esquemas de financiación sostenibles y cooperación público-privada que promuevan la expansión de la infraestructura de movilidad eléctrica (Gómez & Espinoza, 2024).

2.2.3. Estaciones de carga para vehículos eléctricos en Bogotá.

En Bogotá se ha comenzado a desplegar una red pública de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos, con una inversión mayor a 6.000 millones de pesos y 15 puntos instalados en seis zonas estratégicas de la ciudad al 28 de diciembre de 2023. Estos puntos cuentan con conectores del estándar CCS1, CCS2 y GBT, capaces de cargar baterías de 60 a 100 kW en aproximadamente una hora y media (Secretaría Distrital de Movilidad, Distrito Capital de Bogotá, 2025). Aun así, la cobertura aún no

es suficiente: usuarios y estudios indican que la ciudad acumula más de 700 vehículos eléctricos por estación de recarga, lo que evidencia una brecha importante en relación con estándares internacionales. Esta realidad implica que la planificación de infraestructura debe vincular el crecimiento del parque de vehículos eléctricos, la disponibilidad de predios y la capacidad de la red eléctrica urbana para garantizar accesibilidad, equidad y operatividad del sistema de recarga en la ciudad (Fonti, 2025).

2.3.Marco normativo.

El marco normativo que regula la infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Colombia se ha consolidado en la última década, con leyes, decretos y resoluciones que promueven la transición hacia una movilidad sostenible.

En primer lugar, la Ley 1964 de 2019 promueve el uso de vehículos eléctricos y otorga beneficios como la exención de pico y placa, descuentos en revisión técnico-mecánica y beneficios tributarios (Congreso de la República de Colombia, 2019). Posteriormente, el Decreto 1116 de 2020 estableció incentivos para la importación de vehículos eléctricos y la instalación de estaciones de carga (República de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo., 2023).

En cuanto a la infraestructura, la Resolución 40223 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía definió los estándares técnicos mínimos para electrolineras en el país, incluyendo la obligatoriedad de conectores tipo 2 (IEC 62196) y CCS Combo 2 (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2021), la clasificación de niveles de carga, lenta, semirrápida y rápida) y las condiciones de interoperabilidad. A su vez, la Resolución 40272 de 2020 estableció lineamientos para el acceso libre, la estandarización y la eficiencia energética de los sistemas de carga (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2020).

A nivel distrital, el Decreto 497 de 2023 de la Alcaldía Mayor de Bogotá definió incentivos para la movilidad eléctrica, incluyendo la instalación de electrolineras en zonas estratégicas de la ciudad y la integración de la infraestructura con el Plan Maestro de Movilidad (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2023).

En el ámbito internacional, organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo han señalado que uno de los principales desafíos para América Latina es la brecha entre el crecimiento del parque automotor eléctrico y la lenta instalación de estaciones de recarga (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2020). De igual forma, la Agencia Internacional de Energía insiste en que la confianza

del usuario depende de contar con infraestructura suficiente, accesible y equitativamente distribuida (International Energy Agency (IEA), 2023).

En conclusión, el marco normativo colombiano se encuentra alineado con estándares internacionales, aunque su implementación práctica aún enfrenta retos de cobertura, interoperabilidad y financiamiento. Este estudio busca aportar evidencias y análisis que orienten la gestión de nuevas electrolineras en el norte de Bogotá, contribuyendo tanto al cumplimiento normativo como a la satisfacción de la demanda real de los usuarios.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

Esta investigación se fundamenta en las necesidades de recopilar, organizar y analizar datos objetivos que permitan comprender la magnitud actual y futura de la movilidad eléctrica en el norte de Bogotá y explicar fenómenos mediante datos numéricos y modelos estadísticos, asegurando la replicabilidad y generalización de los resultados, permitirá presentar proyecciones precisas que guíen las decisiones estratégicas hacia una infraestructura de carga adecuada desarrollada bajo el enfoque cuantitativo.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

La población objeto de esta investigación está conformada por los usuarios y actores vinculados al ecosistema de la movilidad eléctrica en el norte de Bogotá, específicamente en las localidades de Usaquén, Suba, Chapinero y Barrios Unidos. En términos generales, esta población incluye, propietarios y usuarios de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en estas localidades, quienes representan la demanda real y potencial de servicios de recarga. Estos usuarios presentan características

socioeconómicas medias y altas, mayor acceso a innovaciones tecnológicas y patrones de movilidad asociados con actividades residenciales, laborales y comerciales en la zona norte de la ciudad.

También, habitantes y usuarios de transporte en general de las localidades estudiadas, quienes, aunque no poseen vehículos eléctricos, forman parte del ecosistema de movilidad urbana y pueden beneficiarse indirectamente de la reducción de emisiones y mejoras en la calidad del aire que ofrece la electromovilidad.

En términos globales, la población tiene como rasgo común que los articula es su relación directa o indirecta con la demanda y el uso de estaciones de carga eléctrica en el norte de Bogotá hacia el año 2025 y su interés por migrar a una energía limpia.

3.2.2. Cálculo y selección de la muestra

En el desarrollo de la investigación, se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia con el fin de seleccionar a los participantes. En total, se encuestaron 30 personas pertenecientes a la población objetivo, considerando criterios de accesibilidad, proximidad y disposición para responder.

3.3. Instrumento

Para la recolección de datos se empleó el instrumento de encuesta apoyado en la escala de valoración Likert, diseñado de acuerdo con los objetivos específicos y la naturaleza cuantitativa del estudio, se aplica a propietarios y usuarios potenciales de vehículos eléctricos, con el fin de identificar patrones de uso y preferencias con respecto a la ubicación de estaciones de carga. El cuestionario se compondrá de preguntas cerradas, de opción múltiple y escala de valoración de percepción.

A continuación, se entrega el link el cual contiene el formulario digital, con las preguntas para recopila la información.

<https://forms.gle/EVGJuiD3SnxQb1ZY9>

3.4.Descripción de procedimientos

Como estrategia para la aplicación del instrumento, se realizan algunas llamadas para explicar el estudio y agendar entrevista presencial o telefónica en horario conveniente. También se utiliza otra estrategia como enviar un mensaje de texto/WhatsApp con la información básica del estudio, el consentimiento y el enlace a la encuesta online.

“Buenos días/tardes, mi nombre es [Nombre] y llamo en nombre del estudio ‘Análisis de ubicación y demanda de estaciones de carga para vehículos eléctricos en el norte de Bogotá’, realizado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Solicitamos 10–15 minutos de su tiempo para una encuesta breve que ayudará a mejorar la infraestructura de carga en su localidad. ¿Sería posible agendarle la entrevista presencial, telefónica o por este mismo medio (mensaje de texto/WhatsApp)? La participación es voluntaria y sus respuestas serán tratadas confidencialmente.”

3.5.Análisis de información

Se aplico la encuesta a los usuarios de vehículos eléctricos en el norte de Bogotá, y se procedió a la exportación de las respuestas desde la plataforma Google Forms para el posterior análisis de la información recolectada, la cual fue sometida a un proceso de depuración de datos y la codificación de variables para facilitar el tratamiento estadístico.

Posteriormente, se aplicó medidas de estadística descriptiva, frecuencias absolutas y relativas, a través de porcentajes y gráficos, para representar los resultados.

El análisis se desarrolló en dos fases:

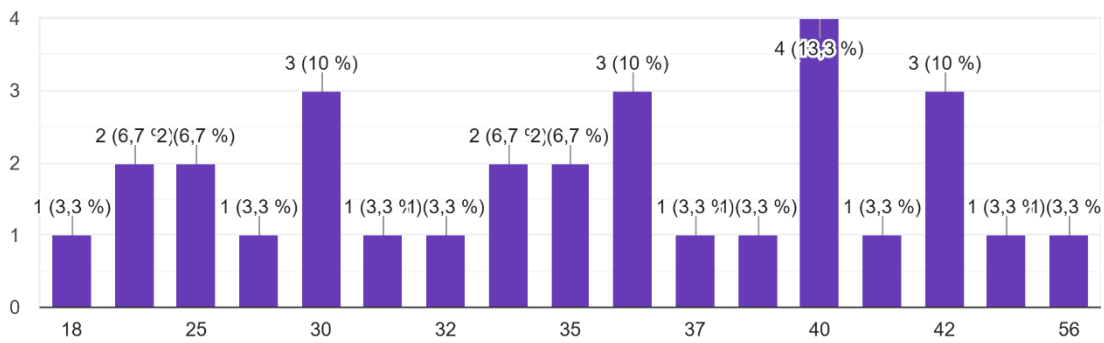
1. Procesamiento estadístico de respuestas por medio de tabulación, la elaboración de gráficos y obtención de porcentajes.

2. Interpretación analítica, para lectura crítica de los resultados, que permitió la identificación de patrones dominantes.

4. RESULTADOS

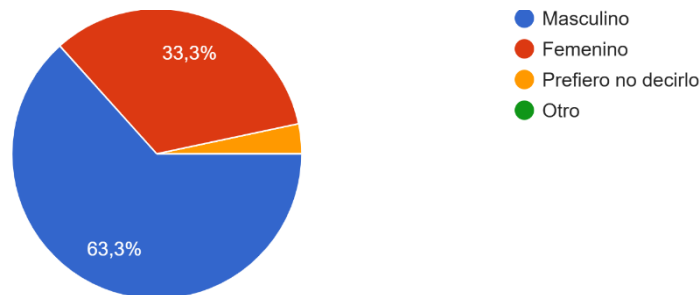
El análisis evidenció que la mayoría de los usuarios de vehículos eléctricos se encuentra entre los 25 y 45 años (figura 4.1). Este patrón sugiere que la adopción de la movilidad eléctrica se concentra en un segmento joven y productivo, lo cual coincide con estudios internacionales (IEA, 2023).

Figura 4.1 Rangos Etarios de usuarios encuestados de VE.



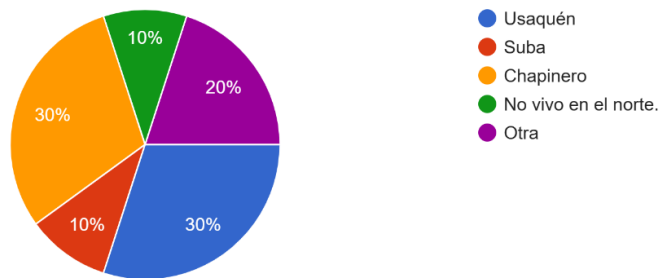
En la figura 4.2 se observa una distribución de género relativamente equilibrada, aunque con predominio masculino. Este resultado sugiere que la movilidad eléctrica aún se adopta principalmente por hombres, aunque con una creciente inclusión femenina, lo que refleja una tendencia hacia la diversificación de usuarios en el ecosistema de movilidad sostenible en Bogotá.

Figura 4.2 Genero de encuestados.



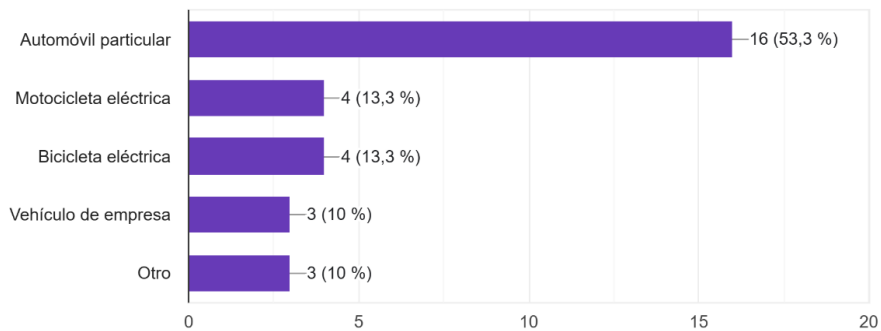
En la Figura 4.3 se evidencia que las localidades con mayor participación son Usaquén, Chapinero y Suba, caracterizadas por una alta capacidad adquisitiva y una notable concentración de servicios. Este resultado sugiere que la infraestructura de carga debe priorizar estas zonas como puntos estratégicos, al tiempo que se promueve su expansión hacia localidades vecinas para asegurar una cobertura más equitativa en el territorio.

Figura 4.3 Localidades de residencia de los encuestados.



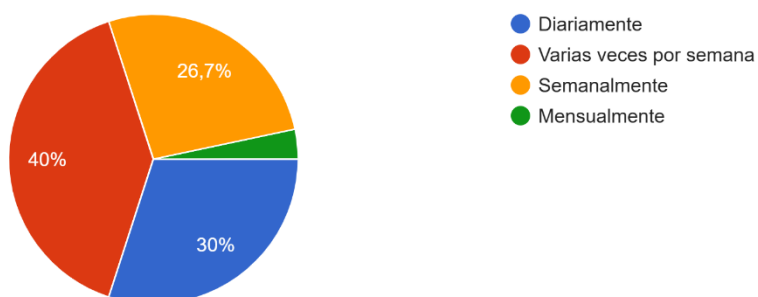
El 53,3 % de los encuestados manifestó tener automóviles eléctricos, mientras que una proporción menor utiliza motocicletas y bicicletas eléctricas. Como se aprecia en la Figura 4.4, esta tendencia refleja que la planificación de nuevas electrolineras debe centrarse en cargadores de mayor capacidad para automóviles, sin dejar de atender la demanda de infraestructura para otros tipos de vehículos eléctricos.

Figura 4.4 Tendencia de vehículos según los usuarios.



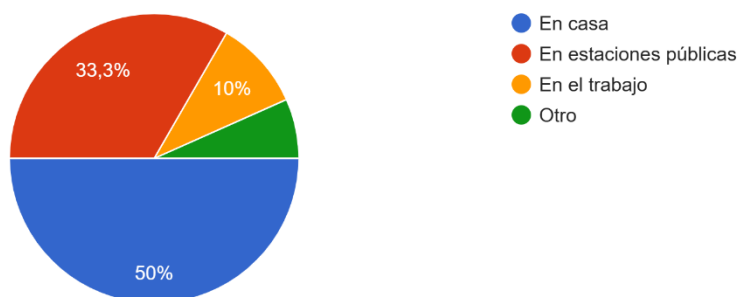
Se evidenció que un 40 % de los usuarios realiza recargas varias veces por semana y un 30 % lo hace diariamente, lo que demuestra un uso intensivo del vehículo eléctrico y la necesidad de una infraestructura de carga confiable. Como se aprecia en la Figura 4.5, esta alta frecuencia de recarga puede asociarse con la percepción de inseguridad ante la limitada cobertura de electrolineras disponibles en la ciudad. (Guerrero, 2023).

Figura 4.5 Tiempos de recurrencia en recarga eléctrica.



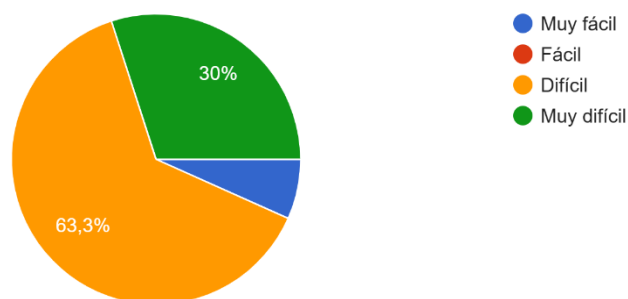
Predomina la recarga en el hogar, con un 50 % de los encuestados, seguida por un 33,3 % que utiliza estaciones públicas, lo que evidencia una alta dependencia de la infraestructura residencial, pero también la necesidad de respaldo público. La Figura 4.6 muestra esta tendencia y respalda lo señalado por la literatura (International Energy Agency (IEA), 2023) que destaca la importancia de fortalecer las electrolineras públicas bien ubicadas para consolidar el mercado de movilidad eléctrica.

Figura 4.6 Preferencia de lugar para recargar el vehículo.



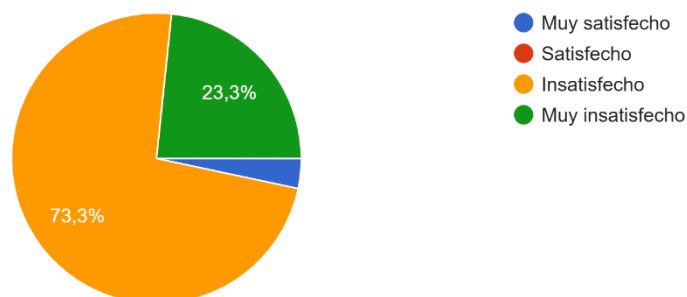
El 93,3 % de los encuestados manifestó que resulta difícil o muy difícil encontrar estaciones de carga disponibles, lo que pone en evidencia un déficit en la cobertura y distribución de la infraestructura. Como se ilustra en la Figura 4.7, esta situación limita la confianza de los usuarios y representa una de las principales barreras para el fortalecimiento de la electromovilidad, tal como lo plantea la (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2020).

Figura 4.7 Percepción sobre accesibilidad de estaciones de carga.



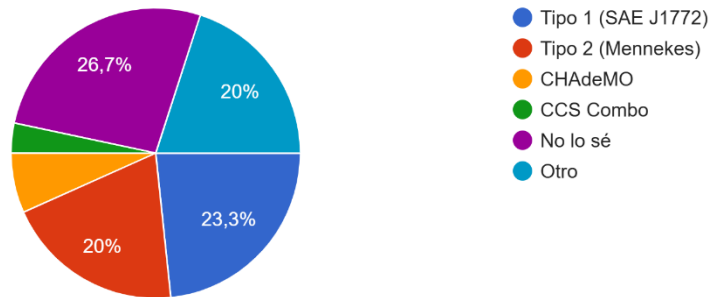
El nivel de satisfacción de los usuarios es bajo, con un 73,3 % de encuestados que perciben una brecha entre la oferta actual y sus expectativas. Como se observa en la Figura 4.8, esta tendencia coincide con la situación de otros países latinoamericanos, donde la infraestructura de carga aún resulta insuficiente para responder al crecimiento de la demanda emergente (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2020)

Figura 4.8 Nivel de satisfacción frente la cobertura.



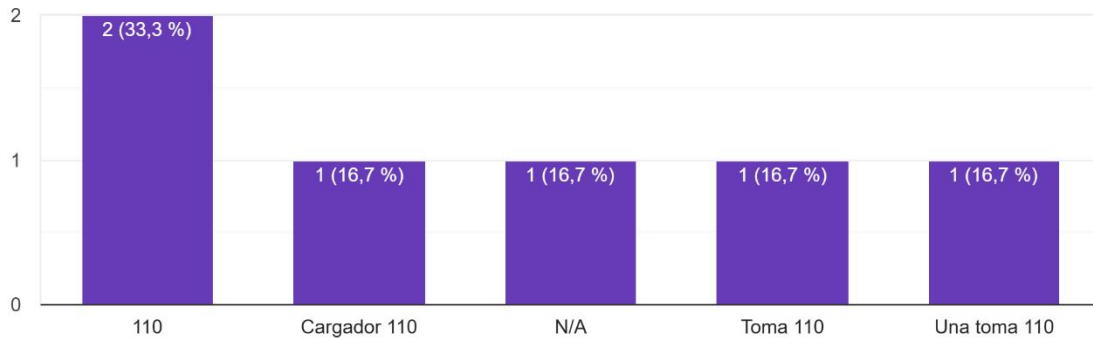
Los conectores más utilizados corresponden a los tipos 1 y 2, con participaciones del 23 % y 20 % respectivamente, aunque ninguno predomina de forma clara. Como se muestra en la Figura 4.9, la coexistencia de diversos tipos de cargadores genera incertidumbre entre los usuarios y mayores costos operativos, situación que la normatividad colombiana (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2021) busca mitigar esta dificultad mediante la estandarización.

Figura 4.9 Conectores más utilizados.



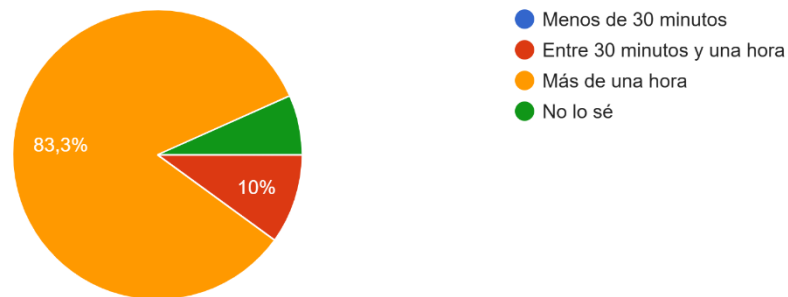
Se evidenció que la mayoría de los usuarios que utilizan cargadores distintos a los tipos estandarizados recurren a conexiones de 110 V, lo que demuestra una preferencia por soluciones domésticas y de fácil acceso. La Figura 4.10 ilustra esta tendencia, evidenciando que muchos usuarios aún dependen de sistemas convencionales para suplir sus necesidades de recarga.

Figura 4.10 Tendencia de cargadores o convencionales



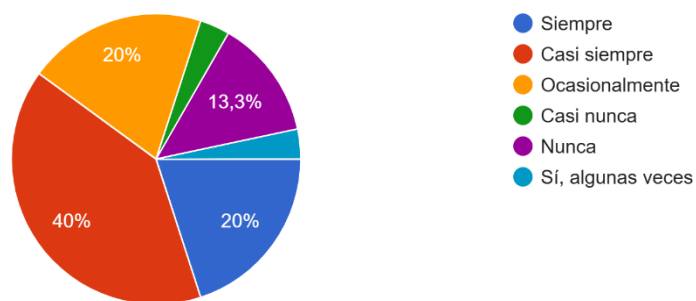
El 83,3 % de los encuestados indicó que sus tiempos de recarga superan una hora, lo que constituye una desventaja frente a los vehículos de combustión. La Figura 4.11 refleja esta situación, que, según la International Energy Agency (2023), requiere impulsar la instalación de estaciones con carga rápida y ultrarrápida para optimizar la experiencia del usuario y fomentar una mayor adopción de la movilidad eléctrica (International Energy Agency (IEA), 2023).

Figura 4.11 Tiempo Promedio de recarga.



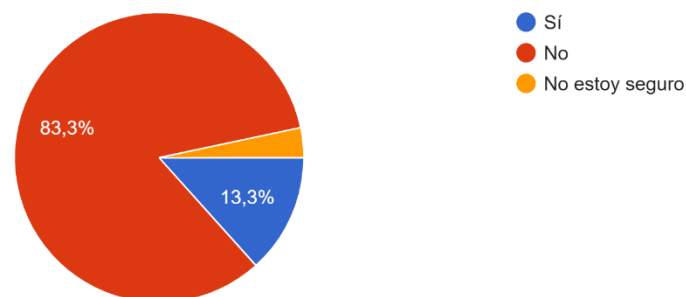
Los usuarios señalaron como principales dificultades las largas filas, los extensos tiempos de espera y la inoperatividad frecuente de algunas estaciones. Como se observa en la Figura 4.12, estos factores evidencian que la problemática no solo radica en la escasez de infraestructura, sino también en la falta de mantenimiento y en la necesidad de una gestión operativa más eficiente (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2020).

Figura 4.12 Tiempos de espera para recarga.



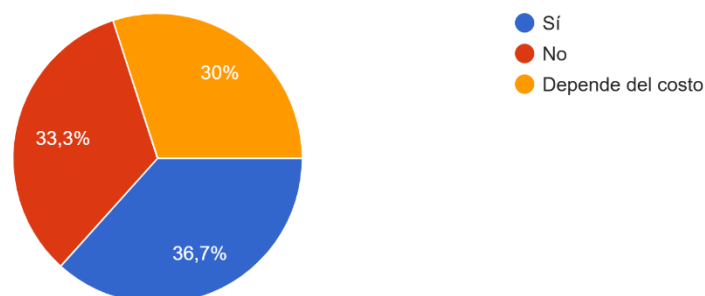
De acuerdo con la International Energy Agency (2023), la percepción de insuficiencia en la infraestructura de carga limita la expansión del mercado de vehículos eléctricos. En coherencia con ello, la Figura 4.13 muestra que el 83 % de los encuestados considera que la red actual es insuficiente, lo que confirma la urgencia de fortalecer y ampliar la cobertura de electrolineras en la ciudad (International Energy Agency (IEA), 2023).

Figura 4.13 Percepción sobre suficiencia de infraestructura.



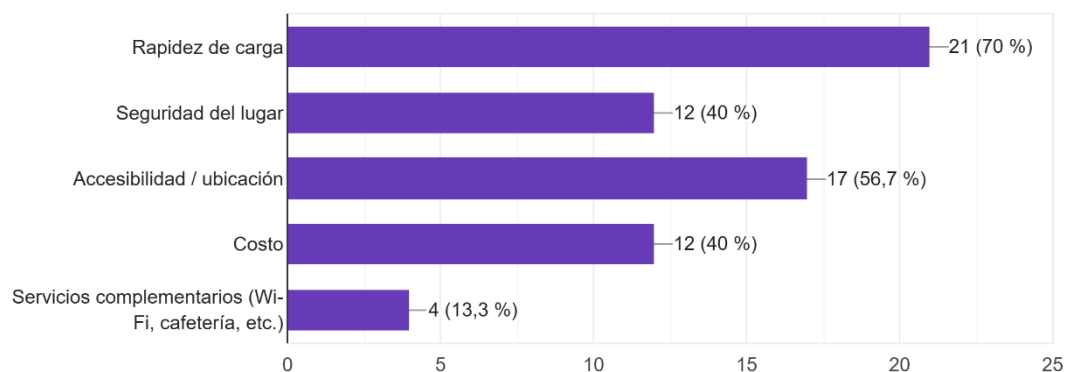
La Figura 4.14 ilustra la disposición, especialmente frente al pago por servicios de carga rápida. Este hallazgo demuestra que los usuarios evalúan varios factores a la hora de utilizar terminales eléctricas, lo que implica aumentar las estaciones de carga, pero a su vez los modelos de negocio deben ser sostenibles y accesibles (Acosta, Chumbe, Ortigoza, Palencia, & Sarmiento, 2021).

Figura 4.14 Disposición a pagar por carga rápida.



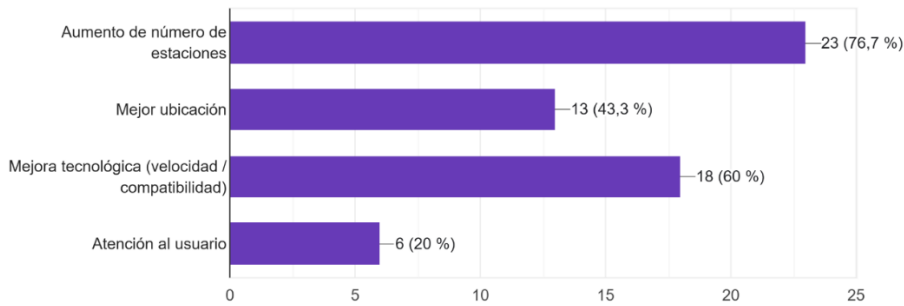
En línea con esta recomendación, la Figura 4.15 muestra que los usuarios valoran principalmente la rapidez (70 %) y la accesibilidad (56 %) como los factores más relevantes al elegir una electrolinera. Este resultado es coherente con las recomendaciones del BID (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2020), que señala la importancia de integrar criterios técnicos, sociales y de confianza ciudadana en la planificación.

Figura 4.15 Aspectos valorados en una electrolinera.



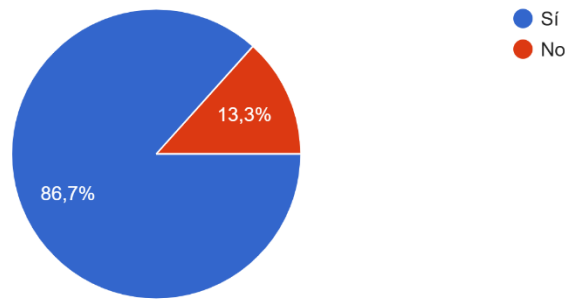
Un 76,7 % de los encuestados consideró prioritaria la instalación de más estaciones de carga para vehículos eléctricos, mientras que un 60 % destacó la necesidad de incrementar la velocidad de recarga. Como se observa en la Figura 4.16, estos resultados coinciden con lo planteado por Sierzchula, Bakker, Maat y Wee, quienes relacionan la expansión de la infraestructura y la rapidez de carga con la percepción ciudadana y la eficiencia en la planificación urbana y energética, aspectos que representan desafíos clave para Bogotá. (Sierzchula, Bakker, Maat, & Wee, 2014).

Figura 4.16 Identificación de mejoras.



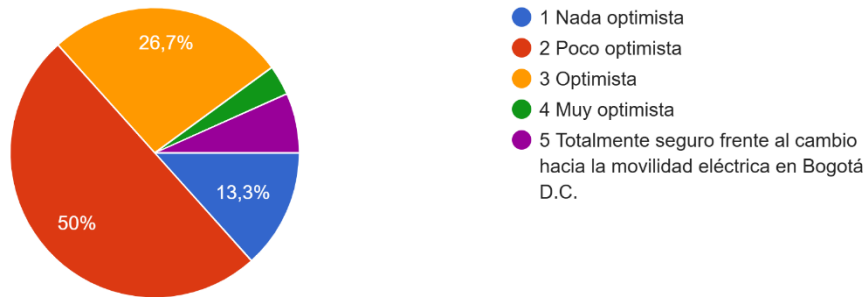
El 86 % de los encuestados manifestó un alto interés en contar con una aplicación que permita visualizar en tiempo real la disponibilidad de cargadores. La Figura 4.17 refleja esta preferencia, que evidencia la necesidad de incorporar soluciones digitales complementarias para optimizar la experiencia del usuario y alinearse con las tendencias internacionales en movilidad eléctrica inteligentes (Tesla, Inc, 2022).

Figura 4.17 Interés en la disponibilidad de aplicación digital.



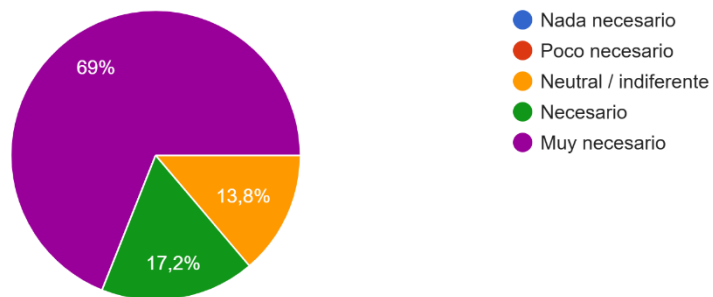
El 50 % de los encuestados se muestra poco optimista respecto al futuro de la movilidad eléctrica en Bogotá D.C., lo que revela incertidumbre sobre la consolidación de esta tecnología en el contexto urbano. Como se observa en la Figura 4.18, este resultado sugiere que las políticas públicas deben orientarse no solo al fortalecimiento de la infraestructura, sino también a la educación y sensibilización ciudadana para fomentar una mayor confianza en la transición hacia la movilidad sostenible.

Figura 4.18 Percepción sobre la movilidad eléctrica.



El 69 % de los usuarios encuestados considera que la expansión de electrolineras es altamente necesaria, reflejando una demanda clara por mayor cobertura y accesibilidad. La Figura 4.19 evidencia este consenso, que constituye la base de las recomendaciones de este estudio, en concordancia con lo planteado por diversos autores sobre la necesidad de fortalecer la infraestructura de carga (Xylia, Olsson, Macura, & Nykvist, 2025).

Figura 4.19 Percepción sobre la necesidad de más electrolineras.



5. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados permite contrastar los hallazgos obtenidos con los estudios previos y con los fundamentos teóricos de la movilidad eléctrica. En esta investigación se identificó una insuficiencia en la cobertura y distribución de electrolineras en la zona norte de Bogotá, concentrándose en sectores de alta actividad económica y dejando vacíos en áreas residenciales. Este hallazgo coincide con lo planteado por Arango (2023), quien advierte que la infraestructura actual no crece al mismo ritmo que el parque automotor eléctrico, generando cuellos de botella que afectan la expansión del servicio. Asimismo, señalan que la falta de planificación territorial produce desigualdades en la disponibilidad de puntos de carga, situación que también se evidencia en los resultados obtenidos (Amirgholy, Shahabi, & Gao, 2017) (Hosein, Ramharack, & Tiu, 2023).

Se observó que la mayoría de los usuarios dependen de la recarga domiciliaria debido a la limitada oferta pública, lo que restringe la movilidad y reduce la confianza en el sistema. Este comportamiento sostiene que la infraestructura insuficiente obliga a los propietarios a modificar sus hábitos de carga, priorizando la conveniencia sobre la eficiencia. Sin embargo, a diferencia de dicho estudio, la presente investigación muestra que los usuarios no solo buscan conveniencia, sino también seguridad y accesibilidad, factores que influyen de manera directa en la elección del punto de carga. La percepción de inseguridad en zonas poco transitadas desincentiva el uso de electrolineras públicas, lo que coincide con la percepción expresada por los encuestados en este estudio.

Por otra parte, la investigación evidenció un alto interés (86 %) en el uso de aplicaciones móviles que indiquen la disponibilidad de cargadores y tiempos de espera, lo que refleja una tendencia hacia la digitalización del sistema. Este resultado demuestra la importancia de integrar herramientas digitales y datos en tiempo real para mejorar la experiencia del usuario y optimizar la operación de las estaciones de carga (Tesla, Inc, 2022).

No obstante, en el contexto bogotano, se identificó un rezago en la implementación de estas soluciones, lo que evidencia una brecha tecnológica y de gestión frente a las tendencias internacionales descritas por (International Energy Agency (IEA), 2023).

Finalmente, desde la perspectiva económica y de planificación, los resultados revelan que la instalación de nuevas electrolineras en la zona norte es técnica y financieramente viable, con un potencial significativo para la inversión privada y el fortalecimiento de la movilidad sostenible. Estos

hallazgos coinciden con el estudio que demostró indicadores financieros favorables como un VPN positivo y una TIR atractiva. Sin embargo, el presente trabajo amplía la discusión al incorporar criterios de equidad territorial y sostenibilidad urbana, tal como recomiendan (Acosta, Chumbe, Ortigoza, Palencia, & Sarmiento, 2021), quienes proponen modelos de localización óptima que equilibran la demanda y la capacidad de red. En consecuencia, la investigación reafirma la necesidad de una planificación estratégica integral, que no solo considere la rentabilidad económica, sino también la cobertura equitativa, la accesibilidad y la percepción ciudadana como componentes esenciales para consolidar un sistema de movilidad eléctrica sostenible en Bogotá.

6. CONCLUSIONES

El estudio titulado “Análisis de ubicación y demanda de estaciones de carga para vehículos eléctricos en el norte de Bogotá para la gestión de nuevas electrolinerías” permitió identificar, mediante un enfoque cuantitativo y descriptivo, las principales condiciones, percepciones y necesidades que presentan los usuarios de vehículos eléctricos en relación con la infraestructura de carga disponible en la zona de estudio.

Los resultados evidencian que la ubicación, accesibilidad y disponibilidad de las estaciones de carga influyen de manera directa en la demanda y frecuencia de uso por parte de los usuarios. Las zonas con mayor cobertura presentan mayores niveles de satisfacción y recurrencia, mientras que en los sectores con baja oferta se manifiestan insatisfacción y desplazamientos innecesarios para recargar los vehículos.

Se constató que el número de electrolinerías en el norte de Bogotá no corresponde al crecimiento del parque automotor eléctrico. Los usuarios reportan dificultad para encontrar estaciones disponibles, tiempos de espera prolongados y limitadas opciones de carga rápida, lo cual limita la eficiencia y la comodidad en la operación diaria de los vehículos eléctricos.

La mayoría de los encuestados realiza la recarga en casa debido a la falta de cobertura y a la percepción de inseguridad o congestión en los puntos públicos. Esta tendencia indica la necesidad de fortalecer la red de carga urbana con infraestructura confiable, accesible y distribuida estratégicamente.

Los factores de mayor relevancia para el usuario son la rapidez, la accesibilidad y la seguridad. Estos tres atributos fueron los más valorados y los que más inciden en la satisfacción general. La ausencia de estaciones bien ubicadas y seguras reduce la confianza y la disposición de uso, lo que confirma que la infraestructura debe planificarse considerando tanto la eficiencia técnica como la percepción social del entorno.

La prevalencia de conectores tipo 1 y tipo 2 refleja una diversidad técnica que dificulta la interoperabilidad entre las estaciones. La consolidación de normas y estándares unificados permitiría optimizar la instalación y operación de futuras electrolineras, garantizando la compatibilidad con la mayoría de vehículos eléctricos del mercado.

La amplia aceptación de una posible aplicación móvil para conocer la disponibilidad de puntos de carga demuestra el interés en herramientas tecnológicas que mejoren la experiencia de uso. Esta necesidad plantea oportunidades para integrar sistemas inteligentes de gestión energética y movilidad sostenible.

Los resultados sugieren que el fortalecimiento del sistema de carga requiere coordinación entre los sectores público y privado, inversión en infraestructura y políticas que incentiven la adopción tecnológica. Sin una red de carga adecuada, la transición hacia la movilidad eléctrica podría ralentizarse, limitando sus beneficios ambientales y sociales.

El análisis arroja que la cobertura insuficiente, la deficiente localización y la falta de estaciones de carga rápida son los principales factores que obstaculizan el crecimiento sostenido de la movilidad eléctrica en el norte de Bogotá.

7. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos y del análisis de las percepciones de los usuarios de vehículos eléctricos en la zona norte de Bogotá, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a la mejora de la infraestructura, la gestión institucional y la experiencia del usuario:

Es prioritario incrementar el número de puntos de recarga en sectores estratégicos de las localidades de Usaquén, Chapinero y Suba, donde se concentra la mayor demanda de uso. La expansión debe basarse en estudios georreferenciados que consideren la densidad vehicular, los flujos de movilidad y la disponibilidad de suelo urbano.

La instalación de electrolineras con tecnología de carga rápida (DC) reducirá los tiempos de espera y aumentará la rotación de usuarios, mejorando la eficiencia del sistema. Se recomienda su ubicación en centros comerciales, corredores empresariales y vías arterias de alto tráfico.

La adopción de normas técnicas unificadas facilitará la interoperabilidad entre vehículos y estaciones, reduciendo los costos de operación y mantenimiento. La coordinación con los fabricantes y operadores de red eléctrica permitirá garantizar compatibilidad y seguridad en todo el sistema.

Se sugiere desarrollar una aplicación móvil o plataforma web que permita a los usuarios conocer la disponibilidad de estaciones, tiempos estimados de espera, costos de servicio y opciones de reserva anticipada. Este tipo de herramientas digitales contribuiría a optimizar el uso de la infraestructura y a mejorar la satisfacción del usuario.

La participación conjunta del sector público y privado es esencial para asegurar la sostenibilidad financiera y técnica del sistema. Se recomienda establecer convenios con centros comerciales, universidades y empresas de transporte para habilitar espacios de carga accesibles al público.

Las autoridades distritales deben fortalecer los incentivos fiscales, las exenciones de pico y placa y los beneficios de parqueo preferencial, acompañados de campañas de información ciudadana sobre los beneficios ambientales y económicos del transporte eléctrico.

Se recomienda formular un plan estratégico distrital que integre análisis de demanda, proyección de

crecimiento vehicular y criterios de equidad territorial, para orientar la instalación ordenada y eficiente de nuevas estaciones en el mediano y largo plazo.

La seguridad es un factor determinante en la decisión de uso. Por ello, las electrolineras deben ubicarse en lugares bien iluminados, vigilados y con señalización visible, promoviendo entornos seguros y confiables para los usuarios.

Se sugiere implementar programas educativos sobre el uso responsable de la energía, la eficiencia en la recarga y las ventajas de la movilidad eléctrica, para consolidar una cultura ambiental orientada al consumo sostenible.

La aplicación de estas recomendaciones permitirá avanzar hacia una infraestructura de carga más eficiente, segura y equitativa, fortaleciendo el ecosistema de movilidad eléctrica en Bogotá. De igual manera, sus resultados pueden servir de base para futuras investigaciones orientadas a la modelación geoespacial de electrolineras, la evaluación de sostenibilidad energética o el análisis económico de implementación de redes de carga a gran escala.

Referencias

- Aarabi, M. S., Khanahmadi, M., & Awasthi, A. (2025). A literature review on strategic, tactical, and operational perspectives in EV charging station planning and scheduling. *World Electric Vehicle Journal*, 16(7), 404. doi:<https://doi.org/10.3390/wevj16070404>
- Acosta, C. d., Chumbe, J., Ortigoza, F., Palencia, S., & Sarmiento, V. (2021). Estudio de factibilidad para la instalación de puntos de carga de vehículos eléctricos en Bogotá. 65. Bogotá, D.C., Colombia: Universidad EAN. Obtenido de <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/843bd974-3f3b-426a-9f8a-d36d60ef6463/content>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (26 de octubre de 2023). *Decreto 497 de 2023*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=150400>
- Amirgholy, M., Shahabi, M., & Gao, O. (2017). Optimal design of sustainable transit systems in congested urban networks: A macroscopic approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 103, 261–285. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.03.006>
- Balaguera, P. G. (2024). Las ciudades del país que más tienen vehículos eléctricos. *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/las-ciudades-del-pais-que-mas-tienen-vehiculos-electricos-569247>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (febrero de 2020). *Electromovilidad en América Latina y el Caribe*. (B. I. (BID), Editor) Obtenido de https://www.greenfinancelac.org/wp-content/uploads/2020/02/BID-EM-en-LAC.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Burroughs, N., Kolich, K., Byers, T., & Nordstrom, V. (2021). Electric Vehicle Charging Survey. *Energy Efficiency and Conservation Authority (EECA)*, 29. Obtenido de https://www.eeca.govt.nz/assets/EECA-Resources/Research-papers-guides/Electric-Vehicle-Charging-Survey.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Camacho, M. A. (julio de 2024). Aumento de demanda en movilidad sostenible y la necesidad de mejorar la. 39. Bogota, D.C. , Cundinamarca , Colombia.: Corporación Universitaria Minuto de Dios. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/b5c51f50-b8d5-4c19-86e5-bde6649fe1e3/content>
- Congreso de la República de Colombia. (11 de julio de 2019). Ley 1964. Bogotá, D. C., Colombia.: Diario Oficial de la República de Colombia. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1964-2019.pdf>
- FENALCO y ANDI. (2025). *Informe Vehículos Eléctricos e Híbridos Abril 2025*. Bogotá, D. C.: ANDI – Fenalco. Obtenido de <https://www.fenalco.com.co/blog/gremial-4/informe-vehiculos-electricos-e-hibridos-abril-2025-8060>

- Fonti, Á. (14 de agosto de 2025). *Carga ME. Falta de definiciones «reduce» mapa oficial de estaciones de carga en Colombia*. Obtenido de <https://mobilityportal.lat/carga-me-vehiculos-electricos/>
- Gómez, J. M., & Espinoza, V. S. (2024). Challenges and Opportunities for Electric Vehicle Charging Stations in Latin America. *World Electric Vehicle Journal*, 15, 583.
doi:<https://doi.org/10.3390/wevj15120583>
- Guerrero, I. E. (2023). Movilidad eléctrica: retos y deficiencias enmarcadas desde la infraestructura y marco regulatorio en Colombia. *18(2)*, 90. Bogotá D.C: Universidad Externado de Colombia, Bogotá D.C. Obtenido de <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b26ef87-9482-4fe1-bd1f-513ef696a0ea/content>
- Hosein, P., Ramharack, S., & Tiu, J. (noviembre de 2023). Optimal placement of electric vehicle charging stations considering stochastic demand. (V. 367, Ed.) Rabat, Marruecos.
doi:10.1109/ICTMOD59086.2023.10438130
- International Energy Agency (IEA). (24 de septiembre de 2023). *Data and statistics*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- LATAM MOBILITY. (26 de marzo de 2024). *Colombia acelera la movilidad sostenible ventas de vehículos eléctricos crecieron 247% en el primer trimestre de 2025*. Obtenido de <https://latamobility.com/ventas-vehiculos-electricos-colombia-2025/>
- Laverde, J. V., & Ramírez, D. A. (2018). Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos. *Lámpsakos*, 19, 22–29. doi:<https://doi.org/10.21501/21454086.2532>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (15 de septiembre de 2020). *Resolución 40272*. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40272_2020.htm
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (9 de julio de 2021). *Resolución 40223*. Bogotá, D. C.: Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=114758>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2025). *Implementacion del sistema Unico de consulta publica*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/11015/colombia-tiene-8299-vehiculos-electricos-en-el-runt-1699-mas-de-la-meta-del-plan-nacional-de-desarrollo/>
- Morocho, a. E. (2017). Modelado de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos y sus efectos en un sistema de distribución de energía eléctrica. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28482>
- Puca, J. P., Meza, D. C., Parra, L. A., Zavala, A. G., & Palacios, K. A. (2025). Análisis de Resultados Obtenidos para la Implementación de Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos en la Ciudad

de Riobamba. *Vitalia Revista Científica y Académica, Pilar, Paraguay*, 845–859.
doi:<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.513>

República de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Decreto 2213 de 2023. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1116 de 2017 en relación con los incentivos para la importación de vehículos eléctricos e híbridos y los sistemas de carga. Obtenido de <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30050687>

Sampieri, R. H., & Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 10). Mexico : McGraw-Hill Education. Obtenido de https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICsv9n18p92_95.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad, Distrito Capital de Bogotá. (2025). *Bogotá inaugura red de recarga rápida pública para vehículos eléctricos e híbridos enchufables*. Secretaría Distrital de Movilidad, Distrito Capital de Bogotá. Obtenido de <https://observatorio.movilidadbogota.gov.co/actualidad/bogota-inaugura-red-de-recarga>

Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & Wee, B. v. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>

Tankou, A., Khan, T., Yang, Z., & Dallmann, T. D. (2023). *Charging infrastructure deployment in emerging markets and developing economies*. Washington, D.C., Estados Unidos.: The International Council on Clean Transportation (ICCT). Obtenido de <https://theicct.org/publication/global-lvs-zev-charging-deploy-emde-jan23/>

Tesla, Inc. (2022). *Tesla Impact Report 2022*. Austin Texas, Estados Unidos. Obtenido de https://www.tesla.com/ns_videos/2022-tesla-impact-report-highlights.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2020). Plan Energético Nacional 2020–2050. p.215. Bogotá, D. C., Colombia : UPME – Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf

Xylia, M., Olsson, E., Macura, B., & Nykvist, B. (10 de junio de 2025). Estimating charging infrastructure demand for electric vehicles: A systematic review. *Energy Strategy Reviews*. *Energy Strategy*, 59, pág. 15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101753>