



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de Estrategias para promover la Carbono Neutralidad a través
de la Electromovilidad en Ecuador: Evaluación de Políticas,
Infraestructura y Adopción Tecnológica.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO
DE:
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:
TELLO CÁRDENAS DANIEL
GONZÁLEZ BUESTÁN MARCOS MATEO**

**DIRECTOR:
ING. DIEGO ESTUARDO CORREA BARAHONA, PHD**

**CUENCA - ECUADOR
2024**

DEDICATORIA

A lo largo de este proyecto, he contado con el apoyo incondicional de mi familia, a quienes quiero dedicar este logro. A mis padres, cuya guía, paciencia y amor han sido el motor que me impulsa a superar cualquier desafío. A mis hermanos, por su compañía y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Y a mis abuelos, por enseñarme la importancia de la perseverancia y los valores que me guían. Su apoyo y confianza han sido fundamentales para alcanzar esta meta, y este trabajo es un reflejo de todo lo que me han dado. A todos ustedes, mi eterno agradecimiento.

Daniel Tello Cárdenas

A mis padres, por ser mi pilar incondicional en cada paso de este camino. Su apoyo, sacrificio y amor constante han sido la base que me ha permitido llegar hasta aquí. Todo esto no habría sido posible sin ustedes.

A mi hermana, cuya orientación y sabiduría han sido clave en momentos decisivos. Gracias por ser una guía, una fuente de inspiración y por mostrarme el valor de perseverar.

A mis queridas abuelitas, por su aliento inagotable y el cariño inmenso que siempre me han brindado. Sus palabras de ánimo y su fe en mí han sido un motor para nunca rendirme.

Marcos Mateo González Buestán

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos expresar nuestra más sincera gratitud a Dios, quien ha sido nuestra guía y fortaleza en cada etapa de este proceso. Su sabiduría y amor infinito nos han permitido superar los retos que se presentaron y mantenernos firmes en el camino hacia la culminación de esta tesis.

A nuestros padres, quienes, con su apoyo incondicional, sacrificios y palabras de ánimo han sido la base sobre la cual hemos construido nuestros logros. Su amor y dedicación nos han inspirado a dar lo mejor de nosotros en cada momento. A nuestros hermanos, por ser una constante fuente de aliento, compañerismo y motivación, y a nuestros abuelos, por sus valores, consejos y el ejemplo de esfuerzo que han inculcado en nuestras vidas.

Queremos expresar también nuestro profundo agradecimiento al Ingeniero Diego Correa, nuestro tutor de tesis, por su valiosa orientación, paciencia y apoyo durante todo este proceso. Su conocimiento y confianza en nosotros han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A todos los profesores que nos han acompañado en nuestra formación académica, les agradecemos por compartir su conocimiento y por su dedicación, que han dejado una marca indeleble en nuestras vidas. Sus enseñanzas no solo han contribuido a nuestro desarrollo profesional, sino también personal.

Finalmente, agradecemos a nuestros amigos por su constante apoyo, compañerismo y las palabras de ánimo que nos brindaron en los momentos más difíciles. Su amistad ha sido un pilar en este recorrido.

El apoyo de todos ustedes ha sido esencial para alcanzar esta meta y marcar una etapa importante en nuestras vidas. Gracias por ser parte de este viaje.

Resumen

En el contexto ecuatoriano, la electromovilidad adquiere cada vez más relevancia como una herramienta clave para alcanzar la carbono neutralidad. Este estudio busca proponer estrategias efectivas que impulsen la adopción de tecnologías de transporte más limpias en Ecuador, evaluando las políticas actuales, la infraestructura de carga y la incorporación de vehículos eléctricos. Para ello, se revisaron documentos clave, incluidas estrategias y planes de las principales ciudades del país.

Se llevó a cabo una revisión de experiencias internacionales exitosas en electromovilidad, enfocándose en países con avances significativos. Esto permite identificar prácticas que puedan adaptarse al contexto ecuatoriano. Además, el estudio incluye una evaluación del Costo Total de Propiedad (TCO), centrada en vehículos eléctricos, baterías e infraestructura de carga, elementos esenciales para una transición sostenible.

El objetivo es generar recomendaciones concretas para superar barreras tecnológicas, operativas y regulatorias, alineadas con los objetivos de descarbonización del país. Estas propuestas buscan promover un transporte más limpio y eficiente, mientras posicionan a Ecuador como un referente regional en movilidad sostenible.

Palabras clave: electromovilidad, carbono neutralidad, políticas públicas, infraestructura de carga, costo total de propiedad, sostenibilidad.

Abstract

In the Ecuadorian context, electromobility is gaining increasing importance as a key tool to achieve carbon neutrality. This study aims to propose effective strategies to boost the adoption of cleaner transportation technologies in Ecuador, evaluating current policies, charging infrastructure, and the integration of electric vehicles. Key documents, including strategies and plans from the country's main cities, were reviewed. An analysis of successful international experiences in electromobility was conducted, focusing on countries with significant progress. This allows the identification of practices that can be adapted to the Ecuadorian context. Additionally, the study includes an assessment of the Total Cost of Ownership (TCO), focusing on electric vehicles, batteries, and charging infrastructure, which are essential elements for a sustainable transition. The goal is to provide concrete recommendations to overcome technological, operational, and regulatory barriers, aligned with the country's decarbonization objectives. These proposals aim to promote cleaner and more efficient transportation while positioning Ecuador as a regional leader in sustainable mobility.

Keywords: electromobility, carbon neutrality, public policies, charging infrastructure, total cost of ownership, sustainability.

Índice de contenidos

INTRODUCCIÓN.....	1
Problemática y justificación.....	7
OBJETIVOS	8
Capítulo 1: Revisión de Políticas relacionadas a la Electromovilidad en ciudades clave del Ecuador.....	9
1.1 Políticas del Ecuador	9
1.1.1 Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT).....	9
1.1.2 Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS)	10
1.1.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (2012)	10
1.1.4 Tercera Comunicación Nacional del Ecuador (2017).....	10
1.1.5 Ley de Eficiencia Energética (2019).....	10
1.1.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad (2021)	11
1.1.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (PI-NDC) y NAMA de Transporte (2021)	11
1.1.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización (2022).....	11
1.2 Metodología para la Selección de Ciudades	12
1.3 Ciudades.....	14
1.3.1 Azogues.....	14
1.3.2 CUENCA	15
1.3.3 IBARRA.....	17
1.3.4 AMBATO.....	18
1.3.5 MANTA	19
1.3.6 QUITO	21
1.3.7 GUAYAQUIL.....	23
1.3.8 PORTOVIEJO.....	26
1.3.9 LOJA	28
1.4 Matriz ciudades.....	31
Capítulo 2: Experiencia de países que han implementado con éxito la electromovilidad y los beneficios de su adopción	32
2.1 Costa Rica.....	32
2.1.1 Fuentes de generación energética en Costa Rica	32
2.1.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Costa Rica.....	33
2.1.3 Emisiones de GEI en Costa Rica.....	34
2.1.4 Carbono neutralidad en Costa Rica.....	35

2.1.5 Vehículos eléctricos	36
2.1.6 Infraestructura de carga en Costa Rica.....	40
2.1.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica	43
2.2 Colombia.....	45
2.2.1 Fuentes de generación energética en Colombia	45
2.2.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Colombia	45
2.2.3 Emisiones de GEI en Colombia	47
2.2.4 Carbono neutralidad en Colombia.....	48
2.2.5 Vehículos eléctricos	48
2.2.6 Infraestructura de carga en Colombia	51
2.2.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia.....	54
2.3 Chile.....	56
2.3.1 Fuentes de generación energética en Chile	56
2.3.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Chile	56
2.3.3 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Chile	59
2.3.4 Carbono neutralidad en Chile.....	59
2.3.5 Vehículos eléctricos	60
2.3.6 Infraestructura de carga en Chile	64
2.3.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile.....	65
2.4 Ecuador	67
2.4.1 Fuentes de generación energética en Ecuador.....	67
2.4.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Ecuador.....	67
2.4.3 Emisiones de GEI en Ecuador.....	69
2.4.4 Carbono neutralidad en Ecuador	70
2.4.5 Vehículos Eléctricos.....	71
2.4.6 Infraestructura de carga	73
2.4.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador	75
2.5 Beneficios de la adopción de la electromovilidad	77
Capítulo 3: Costo Total de Propiedad (TCO) de países intermedios, enfocándose en infraestructura de carga y baterías.	81
3.1 Costa Rica:	85
3.1.1 Baterías:.....	85
3.1.2 Vehículos Eléctricos.....	86
3.1.3 Cálculo del TCO.....	88
3.1.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Costa Rica	89

3.2 Colombia:.....	90
3.2.1 Baterías:.....	90
3.2.2 Vehículos Eléctricos.....	92
3.2.3 Cálculo del TCO.....	94
3.2.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Colombia.....	95
3.3 Chile.....	95
3.3.1 Baterías.....	96
3.3.2 Vehículos Eléctricos.....	97
3.3.3 Cálculo del TCO	100
3.3.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Chile.....	101
3.4 Ecuador:	101
3.4.1 Baterías:	102
3.4.2 Vehículos eléctricos	103
3.4.2.6 Coste de reventa	106
3.4.3 Cálculo del TCO.....	106
3.4.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Ecuador	107
Capítulo 4: Recomendaciones para Ecuador en el camino hacia la Carbono Neutralidad.....	108
4.1 Benéficos de las Estrategias Nacionales de Electromovilidad de países tratados	108
4.2 Recomendaciones para Ecuador en Incentivos para Vehículos Eléctricos e Infraestructura de Carga: Lecciones de Chile, Colombia y Costa Rica.....	113
4.2.1 Incentivos para Vehículos Eléctricos	113
4.3.1 Incentivos para Infraestructura de Carga	114
4.3.2 Adopción de Ecuador con respecto a cada país	114
4.3.2.1 Recomendaciones en relación a la carbono neutralidad.....	117
4.5 Recomendaciones para Ecuador en el TCO: Lecciones de Costa rica, Colombia y Chile.....	119
5. CONCLUSIONES	121
6. RECOMENDACIONES.....	122
7. Bibliografía	123
8. ANEXOS	143
Anexo 1, Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica	143
1.1 Adquisición de vehículos:.....	143
1.1.1 Regulación:.....	143
1.1.2 Metas:	143

1.1.3 Incentivos directos para vehículos particulares:.....	144
1.1.4 Incentivos indirectos para vehículos particulares:	144
1.1.5 Incentivos para flotas:	144
1.1.6 Rol del sector público:.....	145
1.2 Desarrollo de infraestructura de carga:	145
1.2.1 Regulación:.....	145
1.2.2 Metas:	145
1.2.3 Incentivos:	146
1.3 Competencias, capacidades e información:	146
1.3.1 Financiamiento I+D+i:	146
1.3.2 Formación de capacidades:	147
1.3.3 Información clave:.....	147
1.3.4 Campañas informativas:.....	147
Anexo 2. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia.....	148
2.1 Adquisición de vehículos:.....	148
2.1.1 Regulación:.....	148
2.1.2 Metas:	148
2.1.3 Incentivos Directos:.....	148
2.1.4 Incentivos Indirectos:	149
2.1.5 Incentivos para flotas:	149
2.2 Desarrollo de infraestructura de carga:	149
2.2.1 Metas:	149
2.2.2 Regulaciones:	151
2.2.3 Incentivos:	152
2.3 Competencias, capacidades e información:	152
2.3.1 Financiamiento I+D+i:	152
2.3.2 Formación de Capacidades:	153
2.3.3 Información Clave y Campañas Informativas:	154
Anexo 3. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile.....	155
3.1 Adquisición de Vehículos	155
3.1.1 Regulación:.....	155
3.1.2 Metas:	155
3.1.3 Incentivos Directos para Vehículos Particulares:.....	155
3.1.4 Incentivos Indirectos para Vehículos Particulares:	155
3.1.5 Incentivos para Flotas:	155

3.1.6 Rol del Sector Público:.....	156
3.2 Desarrollo de Infraestructura de Carga	156
3.2.1 Regulación:.....	156
3.2.2 Metas:	156
3.2.3 Incentivos:	156
3.3 Competencias, Capacidades e Información:	157
3.3.1 Financiamiento en (I+D+i):.....	157
3.3.2 Formación de Capacidades:	157
3.3.3 Información Clave:.....	157
3.3.4 Campañas Informativas:.....	157
Anexo 4. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador	158
4.1 Adquisición de Vehículos	158
4.1.1 Regulación:.....	158
4.1.2 Metas:	158
4.1.3 Incentivos directos para vehículos particulares:.....	158
4.1.4 Incentivos indirectos para vehículos particulares:	158
4.1.5 Incentivos para flotas:	159
4.2 Desarrollo de Infraestructura de Carga	159
4.2.1 Regulación:.....	159
4.2.2 Metas:	159
4.2.3 Incentivos:	160
4.3 Competencias, Capacidades e Información	160
4.3.1 Financiamiento en (I+D+i):.....	160
4.3.2 Formación de Capacidades:	161
4.3.3 Información Clave:.....	161
4.3.4 Campañas Informativas:.....	161

Índice de tablas

Tabla 1. Criterios de cada ciudad a considerar	13
Tabla 2. Políticas y planes del Ecuador	31
Tabla 3. Adopción de Vehículos Eléctricos en Costa Rica 2024	36
Tabla 4. Historia de la venta de vehículos Eléctricos en Costa Rica.....	38
Tabla 5. Historia de la venta de vehículos Eléctricos en Costa Rica 2023.....	38
Tabla 6. Número de Puntos de Carga por región	65

Índice de figuras, gráficas y/o imágenes

Figura 1. Primer Bus a Diesel.....	1
Figura 2. Vehículo Eléctrico.....	4
Figura 3. Baterías de litio	5
Figura 4. Global Electric Car Sales Doubled in 2021	6
Figura 5. Emisiones CO2 en Costa Rica	35
Figura 6. BYD S1 Pro (Yuan Pro).....	39
Figura 7. Geely Geometry E.....	39
Figura 8. JAC EJS1	40
Figura 9. Mapa de Estaciones de carga en Costa Rica	41
Figura 10. Wallbox eHome & eHome Link (GBT).....	43
Figura 11. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica.....	44
Figura 12. Mapa de ruta para la transición hacia vehículos de bajas y cero emisiones en Colombia	47
Figura 13. Emisiones de CO ₂ en Colombia.....	48
Figura 14. Ventas históricas de vehículos eléctricos en Colombia	49
Figura 15. Zhidou D2S	50
Figura 16. BYD Yuan Plus.....	50
Figura 17. YD Dolphin.....	51
Figura 18. Wallbox Pulsar Plus	52
Figura 19. Ubicación de electrolinerías en Colombia	53
Figura 20. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia.....	55
Figura 21. Estrategia Nacional de Electromovilidad de Chile	57
Figura 22. Emisiones CO2 en Chile	59
Figura 23. Venta histórica de vehículos eléctricos vendidos en Chile del 2020 al primer semestre del 2024	61
Figura 24. Tesla Model 3.....	62
Figura 25. BYD Dolphin	63
Figura 26. Renault Kwid E-Tech.....	64
Figura 27. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile.....	66
Figura 28. Porcentajes de adopción esperados para cada tipo de vehículo	69
Figura 29. Emisiones de CO2 en el Ecuador.....	70
Figura 30. Nissan X-Trail.....	72
Figura 31. BYD Dolphin	72
Figura 32. Audi RS e-Tron GT.....	73
Figura 33. Conector de carga Tipo 2 (Mennekes).....	74
Figura 34. Estaciones de Carga en el Ecuador	75
Figura 35. Beneficios de Costa Rica	78
Figura 36. Beneficios de Colombia	79
Figura 37. Beneficios de Chile	80

Índice de anexos

Anexo 1. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica.....	143
Anexo 2. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia	148
Anexo 3. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile.....	155
Anexo 4. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador	158

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula para calcular el TCO	82
Ecuación 2. Ecuación de interés simple	83
Ecuación 3. Consumo anual de Energía de un Vehículo Eléctrico	84
Ecuación 4. Coste de funcionamiento	84

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio es analizar cómo la electromovilidad puede contribuir a alcanzar la neutralidad de carbono en Ecuador. Este desafío resulta crucial, ya que el país no solo debe afrontar los efectos del cambio climático, sino también cumplir con los compromisos asumidos en el Acuerdo de París (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021a), que busca limitar el aumento de la temperatura global a un máximo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales. Para lograrlo, es necesario reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en todos los sectores, incluido el transporte (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2023).

En su transición hacia la movilidad eléctrica, Ecuador puede aprender de las experiencias de Costa Rica, Colombia y Chile, países que han logrado avances significativos en la implementación de tecnologías sostenibles (MINAE, 2019; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; Ministerio de Energía, 2021). Este análisis nos permite hallar beneficios y adaptar estrategias que puedan establecer la movilidad eléctrica en Ecuador.

Los logros de estos países destacan la importancia de metas claras, incentivos adecuados y un compromiso ambiental sólido. Sus estrategias han priorizado el desarrollo de infraestructura, la creación de políticas regulatorias favorables y la integración de fuentes de energía renovable (MINAE, 2019; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; Ministerio de Energía, 2021).

Al adoptar enfoques similares, Ecuador podría incorporar infraestructura adecuada, fomentar la adquisición de vehículos eléctricos y establecer objetivos claros de descarbonización. Esto no solo fortalecería su posicionamiento en movilidad sostenible a nivel regional, sino que también contribuiría a mejorar la calidad de vida y reducir las emisiones contaminantes de su población.

Electromovilidad: Revisión nacional e internacional

La electromovilidad se ha posicionado como una solución viable para abordar los problemas ambientales y energéticos a nivel global. Este concepto abarca el uso de medios de transporte eléctricos, como automóviles, autobuses y motocicletas, que sustituyen los combustibles fósiles por electricidad. Su principal ventaja radica en la reducción de emisiones GEI, lo que la convierte en una herramienta clave para combatir el cambio climático. Además, los vehículos eléctricos destacan por su mayor eficiencia

energética y menores costos operativos frente a los vehículos de combustión interna (López Hernández et al., 2024).

Sin embargo, la adopción de la electromovilidad requiere transformaciones profundas tanto en la infraestructura de transporte como en la energética, así como cambios en los hábitos de los usuarios. Mientras los países y ciudades promueven el uso de vehículos eléctricos, las tecnologías asociadas avanzan, ofreciendo mayor autonomía y tiempos de recarga más cortos. A pesar de estos avances, persisten desafíos como la necesidad de una red de carga amplia y accesible, y la sensibilización sobre los beneficios de esta tecnología, tal como se ha observado en experiencias exitosas de países como Noruega y China (Kalra et al., 2023).

La Figura 1 un caso emblemático, ocurrió en Los Ángeles en la década de 1940, cuando la ciudad enfrentó por primera vez a una mezcla de contaminantes en el aire (smog), causado por las emisiones de autobuses diésel e industrias. Este problema no solo expuso las consecuencias negativas de los combustibles fósiles sobre la salud pública y el aire, sino que también marcó un punto de inflexión al evidenciar la necesidad de alternativas más limpias como los vehículos eléctricos. La transición hacia la electromovilidad busca no solo corregir los errores del pasado, sino también construir un futuro más saludable y sostenible, un desafío que países como Ecuador deben asumir en su camino hacia la carbono-neutralidad (El País, 2023).

Figura 1. Primer Bus a Diesel



Fuente: (Metro's Primary Resources, 2011).

La historia de la electromovilidad se remonta al siglo XIX, cuando se desarrollaron los primeros vehículos eléctricos. En 1835, Sibrandus Stratingh, inventor holandés, desarrolló un prototipo de automóvil eléctrico. Posteriormente, hacia 1890, ciudades como Nueva York y Londres adoptaron estos vehículos, destacando por su funcionamiento silencioso y limpio frente a los motores de combustión interna. Sin embargo, con la llegada del Ford Modelo T y la popularización de los motores de combustión, los vehículos eléctricos desaparecieron del panorama (Electromovilidad, 2023).

Durante el siglo XX, la electromovilidad quedó en segundo plano, aunque resurgió en las décadas de 1970 y 1980 debido a la crisis del petróleo y a una creciente preocupación ambiental. En las últimas décadas, gracias a los avances en tecnologías de baterías y al enfoque en la sostenibilidad, la electromovilidad ha resurgido como una solución viable para el transporte urbano sostenible y un pilar fundamental para el futuro de la movilidad (Electromovilidad, 2023).

Energía eléctrica

La electricidad es esencial para la sociedad, pues sustenta actividades tecnológicas y económicas globales. Desde su implementación en la Revolución Industrial, ha evolucionado para convertirse en un pilar clave en sectores como transporte y comunicación. Generada a partir de fuentes como hidroeléctrica, solar, eólica y térmica, es también la base de la electromovilidad (Energy Information Administration, 2023).

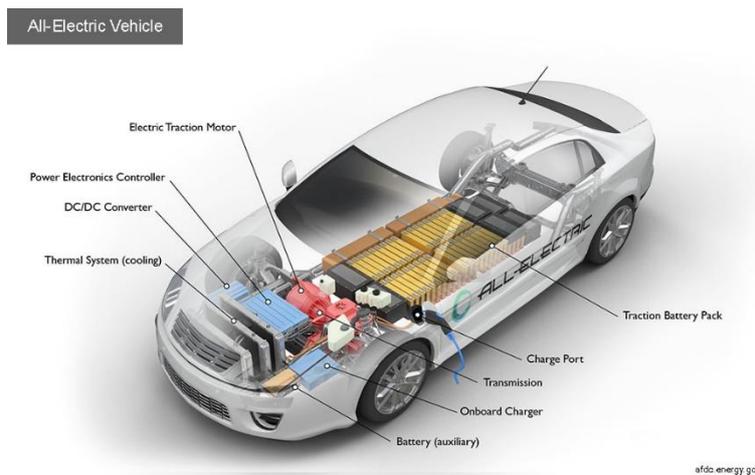
Sin embargo, para maximizar sus beneficios, la electricidad utilizada debe provenir de fuentes renovables; de lo contrario, las ventajas ambientales de los vehículos eléctricos se verían comprometidas. Este vínculo entre energía limpia y electromovilidad es clave para alcanzar metas de descarbonización a largo plazo (Agencia Internacional de Energía, 2022).

Vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos, impulsados por motores eléctricos y baterías recargables, eliminan la dependencia de combustibles fósiles y no generan emisiones directas, lo que los convierte en una alternativa limpia para las ciudades. Además de reducir la contaminación del aire, su funcionamiento silencioso contribuye a mitigar la contaminación acústica en entornos urbanos (V2Charge, 2023).

En la Figura 2, se muestra un esquema detallado de los componentes principales de un coche eléctrico, como el motor de tracción, el paquete de baterías, el sistema de refrigeración y el controlador de electrónica de potencia. Estos elementos permiten transformar la energía de las baterías en movimiento, mientras que el puerto de carga facilita su recarga cuando es necesario. Este diseño optimiza el uso energético y evita emisiones de gases contaminantes (V2Charge, 2023).

Figura 2. Vehículo Eléctrico



Fuente: (Alternative Fuels Data Center, 2023).

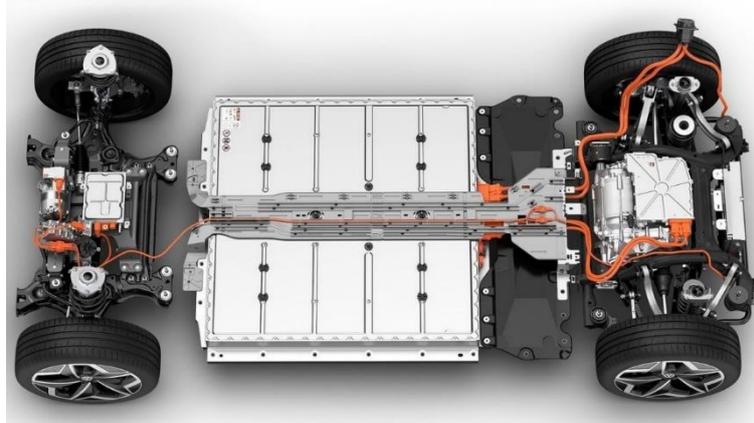
A nivel global, Noruega lidera la adopción de vehículos eléctricos, logrando que en 2020 el 70% de los autos matriculados fueran eléctricos, gracias a políticas fiscales e incentivos tributarios (IVACE, 2021). China, por su parte, ha impulsado tanto la producción como el uso de estos vehículos, consolidando la flota eléctrica más grande del mundo (Híbridos y Eléctricos, 2023).

Baterías de Ion-Litio

En la Figura 3 se observa la batería de ion de litio en un vehículo eléctrico las cuales son el núcleo energético de estos, diseñadas para almacenar grandes cantidades de energía y satisfacer las altas demandas del transporte (Ferrovial, 2023). Estas destacan por su alta densidad energética y durabilidad, proporcionando mayor autonomía y eficiencia. Aunque su fabricación con materiales como litio y cobalto plantea retos ambientales, son esenciales para el desarrollo de la electromovilidad. Su vida útil oscila

entre 8 y 15 años, o 150,000 a 200,000 kilómetros, dependiendo del uso y mantenimiento (Agencia Internacional de Energía, 2023).

Figura 3. Baterías de litio



Fuente: (AutoBild, 2022).

Carbono neutralidad

La carbono neutralidad implica equilibrar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) con su absorción por sumideros de carbono, logrando un balance neto cero. Este concepto es clave en la lucha contra el cambio climático, pues combina la reducción de emisiones con estrategias como la reforestación y tecnologías de captura de carbono. Además, fomenta la calidad de vida y el desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2022).

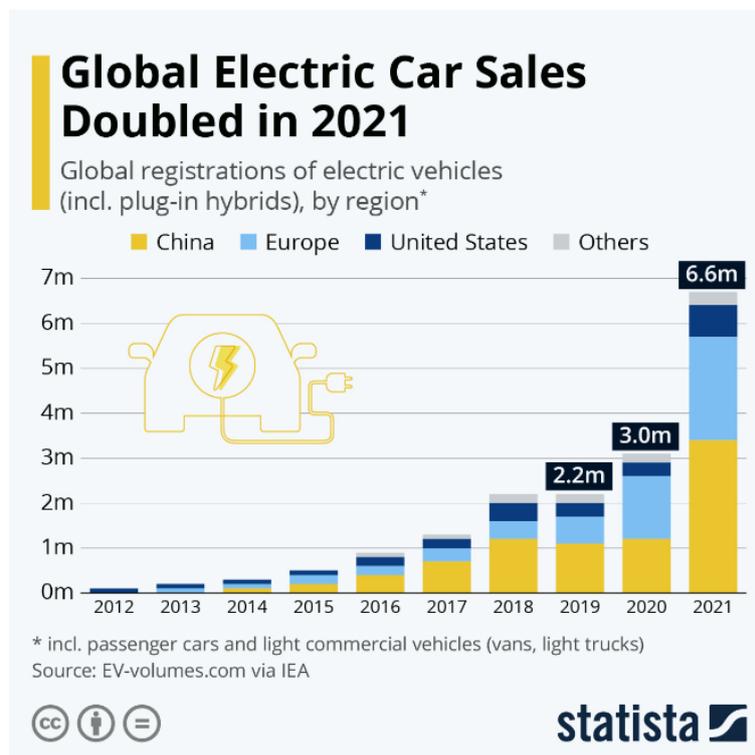
A nivel internacional, países como Costa Rica, Colombia, Chile y Ecuador han implementado planes climáticos para reducir emisiones de gases de efecto invernadero en sectores clave como energía y transporte (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2017; Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2019; Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2017; Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2021). Líderes como Noruega y China han adoptado políticas avanzadas de electrificación y energías renovables, avanzando hacia la carbono neutralidad en las próximas décadas (Agencia Internacional de Energía, 2021).

Avance global en la electromovilidad

La

Figura 4 muestra el crecimiento de la electromovilidad ha sido significativo en los últimos años. En 2021, las ventas globales de vehículos eléctricos alcanzaron 6.6 millones, duplicando las cifras del año anterior y representando el 9% de las ventas totales de automóviles. China lideró con el 51% de las ventas, seguido de Europa con un 35%. Este avance ha sido posible gracias a incentivos gubernamentales, reducciones fiscales y una creciente infraestructura de carga que supera 1.8 millones de estaciones públicas a nivel mundial. Se prevé que para 2030 los vehículos eléctricos conformen más del 30% del parque automotor global, impulsados por la innovación tecnológica y mayores inversiones en infraestructura (International Energy Agency, 2022; Statista, 2022).

Figura 4. Las ventas mundiales de coches eléctricos se duplicaron en 2021



Fuente: (Statista, 2022).

Apoyo al Proceso Participativo en la Formulación del Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático (PLANMICC)

Este apoyo incluye políticas de movilidad sostenible adaptadas a diversas ciudades, con apoyo de entidades internacionales como la Agencia Alemana de

Cooperación Internacional para el Desarrollo Sostenible (GIZ). Mediante un análisis multicriterio, se seleccionaron ciudades clave como Cuenca y Loja, donde se realizaron talleres participativos para sensibilizar y definir lineamientos hacia un transporte público sin emisiones (Correa-Barahona et al., 2023).

El enfoque de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) permitió identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas específicas de cada ciudad, sentando las bases para mejorar la movilidad urbana sostenible. Asimismo, la colaboración público-privada y los talleres facilitaron políticas orientadas a reducir las emisiones en el transporte (Correa-Barahona et al., 2023).

A su vez, incluye un Sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) para evaluar acciones y garantizar avances hacia la descarbonización al 2050. Este sistema integra aspectos de mitigación y adaptación, fomentando la participación de actores locales y nacionales, además del fortalecimiento de capacidades en gobiernos locales para implementar políticas de movilidad sostenible (Correa-Barahona et al., 2023).

Problemática y justificación

La movilidad eléctrica en Ecuador se enfrenta a varios desafíos críticos que deben abordarse para lograr una transición efectiva hacia un sistema de transporte más sostenible. Aunque la movilidad eléctrica ofrece múltiples beneficios, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora en la calidad del aire, el país enfrenta barreras tecnológicas, operativas y regulatorias que limitan su adopción masiva. Uno de los principales retos es la infraestructura de carga. En Ecuador, la red de estaciones de carga es insuficiente para satisfacer la creciente demanda proyectada de vehículos eléctricos, lo que genera desconfianza entre los consumidores respecto a la autonomía y practicidad de estos vehículos (Quintana et al., 2023). A pesar de que el gobierno ha lanzado iniciativas tanto locales como el Plan de Electromovilidad de Cuenca y nacionales como La Estrategia Nacional de Electromovilidad de Ecuador (ENEM), se requiere una expansión significativa de la infraestructura en áreas urbanas y rurales para garantizar una transición efectiva (Ministerio de Transporte y Obras Públicas & Banco Interamericano de Desarrollo, 2021; Ruiz-Huésca et al., 2023).

En el ámbito regulatorio, la falta de incentivos claros y políticas integradas también es un factor limitante. A diferencia de países de Europa y Asia, donde las políticas han sido clave para acelerar la adopción de vehículos eléctricos mediante incentivos fiscales y

marcos regulatorios, en Ecuador estas políticas aún son incipientes. Un enfoque integral que incluya incentivos fiscales, subsidios, exenciones de impuestos y regulaciones podría fomentar una mayor adopción de la electromovilidad (López-Hernández et al., 2024).

Ecuador, con su matriz energética predominantemente renovable, tiene una oportunidad clave para que la movilidad eléctrica reduzca significativamente las emisiones de carbono. Sin embargo, desafíos como la percepción pública sobre los vehículos eléctricos, marcada por el alto costo inicial y la limitada infraestructura de carga, complican su adopción. Para superar estas barreras, resulta esencial implementar campañas educativas y desarrollar programas de reciclaje de baterías que promuevan tanto la sostenibilidad ambiental como la aceptación social de esta tecnología (Pulles et al., 2021).

Por lo tanto, esta investigación se enfocará en identificar y proponer estrategias que permitan superar estas barreras, enfocándonos en países como Costa Rica, Colombia y Chile que han implementado con éxito la electromovilidad, pero adaptándolas al contexto ecuatoriano. El estudio evaluará las políticas, la infraestructura y los avances tecnológicos necesarios para promover la adopción de la electromovilidad en Ecuador, aportando soluciones viables que promuevan un transporte más limpio y sostenible, y que contribuyan a los objetivos de carbono-neutralidad del país.

OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer estrategias efectivas para que Ecuador alcance la carbono neutralidad mediante la implementación de la electromovilidad, evaluando las políticas actuales, la infraestructura de carga, y la adopción de vehículos eléctricos.

Objetivos específicos

- Revisión de políticas en el Ecuador.
- Analizar la experiencia de otros países que han implementado con éxito la electromovilidad y los beneficios de su adopción.
- Examinar el Costo Total de Propiedad (TCO) de países intermedios, enfocándose en infraestructura de carga y baterías.
- Recomendar estrategias para efectivizar la electromovilidad, mediante un análisis del uso de redes eléctricas en distintos países.

Capítulo 1: Revisión de Políticas relacionadas a la Electromovilidad en ciudades clave del Ecuador

Este capítulo examina las políticas de electromovilidad en ciudades clave de Ecuador, considerando su alineación con los compromisos internacionales hacia la carbono neutralidad. Basándose en el marco normativo del PLANMICC (Correa-Barahona et al., 2023), se revisaron seis políticas o planes, incluyendo los Planes de Ordenamiento Territorial y de Uso y Gestión del Suelo, que organizan las actividades y recursos del territorio para garantizar un desarrollo sostenible adaptado a las particularidades geográficas y culturales del país (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2019). Esta revisión identifica brechas y oportunidades según el desarrollo urbano, infraestructura vial y compromiso con la sostenibilidad en ciudades seleccionadas, permitiendo generar un diagnóstico claro.

1.1 Políticas del Ecuador

El gobierno ecuatoriano desarrolla planes como la Estrategia Nacional de Electromovilidad y la Ley de Eficiencia Energética, los cuales se alinean con los compromisos adquiridos en los Acuerdos de París (Ministerio de Energía y Minas, 2019; Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2021)

Sin embargo, enfrenta retos como el fortalecimiento de las políticas actuales, la creación de normativas que incentiven la adopción de vehículos eléctricos y la construcción de una red de infraestructura de carga eficiente y accesible. Además, el reciclaje y la gestión de baterías de litio plantean desafíos ambientales significativos, exigiendo programas de circularidad que reduzcan impactos negativos (Lopez-Hernandez & Manharts, 2023).

A continuación, se procede a introducir las políticas o planes de este estudio:

1.1.1 Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)

Los PDOT, gestionados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) en Ecuador, son herramientas clave para planificar estrategias que mejoren la calidad de vida y garanticen el equilibrio ambiental (Proamazonia, 2024).

El PDOT se elabora a partir del análisis del territorio y las necesidades de la población, siguiendo las directrices del Código de Planificación y Finanzas Públicas y la Ley

Orgánica de Ordenamiento Territorial (Superintendencia de Ordenamiento Territorial, 2021a).

1.1.2 Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS)

El PUGS es un instrumento de planificación territorial gestionado por los GAD en Ecuador, que regula el uso del suelo urbano y rural para garantizar un desarrollo equilibrado y sostenible. Su objetivo incluye la ordenación adecuada del suelo, acceso equitativo a áreas urbanas, creación de infraestructura pública, y protección del patrimonio cultural y natural (Superintendencia de Ordenamiento Territorial, 2021).

1.1.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (2012)

La Estrategia Nacional del Cambio Climático (2012) fue un esfuerzo pionero en Ecuador para mitigar el cambio climático y reducir las emisiones de GEI. Esta estrategia establece directrices clave para sectores como el transporte, promoviendo el uso de tecnologías limpias y el uso eficiente de la energía como parte de la transición hacia la electromovilidad (Ministerio del Ambiente, 2012a).

1.1.4 Tercera Comunicación Nacional del Ecuador (2017)

En 2017, Ecuador presentó su Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). En este documento, se enfatizó la necesidad de promover una movilidad sostenible para reducir las emisiones en sectores clave, incluyendo el transporte. La Tercera Comunicación destaca la importancia de incentivar la transición hacia vehículos eléctricos como parte de la estrategia para mitigar el cambio climático (Ministerio del Ambiente, 2017).

1.1.5 Ley de Eficiencia Energética (2019)

La Ley de Eficiencia Energética de 2019 proporciona un marco regulatorio para fomentar el uso eficiente de la energía en todos los sectores del país, incluido el transporte. La ley incentiva la adopción de tecnologías que optimicen el consumo energético, incluyendo vehículos eléctricos, y reduce la dependencia de combustibles fósiles,

alineando la matriz energética con fuentes más limpias y renovables (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

1.1.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad (2021)

La Estrategia Nacional de Electromovilidad, lanzada en 2021, tiene como objetivo principal promover el uso de vehículos eléctricos en Ecuador. Con un enfoque en el transporte público y privado, esta estrategia busca reducir significativamente las emisiones este sector, mediante la expansión de infraestructura de carga y la creación de incentivos para la adquisición de vehículos eléctricos. Además, fomenta la colaboración entre el sector público y privado (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2021).

1.1.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (PI-NDC) y NAMA de Transporte (2021)

El Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (PI-NDC) y las Acciones de mitigación Nacionales Apropriadas (NAMA) establecen acciones concretas para reducir las emisiones de GEI en el sector transporte entre 2020 y 2025. Estas acciones incluyen el fomento de tecnologías limpias como los vehículos eléctricos y mejoras en la eficiencia del transporte público. El plan se alinea con los compromisos internacionales bajo el Acuerdo de París y busca fomentar la financiación verde (Ministerio del Ambiente, 2021b).

1.1.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización (2022)

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador formula el Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización, enfocado en reducir emisiones de GEI y promover un desarrollo sostenible. Incluye acciones como el impulso a energías renovables, movilidad sostenible, producción responsable, conservación de recursos naturales, industria limpia y manejo de residuos bajo economía circular, estableciendo una ruta hacia un futuro ambientalmente equilibrado sin comprometer el desarrollo económico (Ministerio del Ambiente, 2022b).

1.2 Metodología para la Selección de Ciudades

El proceso de selección de ciudades en este estudio se realizó mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), una metodología desarrollada por Thomas L. Saaty para tomar decisiones complejas evaluando múltiples variables interrelacionadas (Peñañiel, 2021). En el marco del PLANMICC, este enfoque permitió priorizar ciudades ecuatorianas en función de sus planes de movilidad, infraestructura vial y datos demográficos, destacando aquellas con mayor potencial para la electromovilidad y políticas sostenibles (Correa-Barahona et al., 2023).

Se seleccionaron ciudades como Azogues, Cuenca, Ibarra, Loja, Manta, Portoviejo, Quito, Guayaquil y Ambato, considerando su contexto geográfico, social y predisposición para adoptar estrategias de movilidad sostenible. Cada ciudad fue evaluada asignando un valor numérico que reflejó su preparación para implementar medidas de electromovilidad. Este análisis aseguró una jerarquización basada en criterios objetivos, representando una diversidad geográfica (Correa-Barahona et al., 2023).

A continuación, se muestra Tabla 1, la cual refleja los criterios para la selección de ciudades:

Tabla 1. Criterios de cada ciudad a considerar.

Ciudad/Criterio	Poblacion	Vehiculo	Hogares	Planes de Movilidad	Sistema de tracción (2019)	Transporte urbano	Origen	Destino	Tasa de motorización	Tiempo Promedio (min)	Modelo de transporte público (%)	Número de habitantes por cada 1000 habitantes	Kilómetros de Vía Útil por Kilómetro Cuadrado	Priorización	%
GUAYAQUIL	0.06	0.08	0.1	0.12	0.06	0.12	0.13	0.13	0.07	0.08	0.12	0.07	0.12	0.09	9.26
QUITO	0.08	0.09	0.12	0.13	0.08	0.1	0.1	0.08	0.09	0.09	0.13	0.09	0.11	0.1	10.3
CUENCA	0.11	0.12	0.16	0.21	0.19	0.23	0.23	0.22	0.14	0.18	0.18	0.18	0.15	0.17	16.96
AMBATO	0.06	0.06	0.07	0.1	0.06	0.07	0.11	0.1	0.14	0.16	0.15	0.13	0.14	0.09	8.99
PORTOVIEJO	0.09	0.12	0.14	0.16	0.15	0.16	0.16	0.15	0.12	0.13	0.13	0.13	0.15	0.13	13.3
MANTA	0.08	0.09	0.1	0.12	0.1	0.11	0.12	0.1	0.09	0.09	0.12	0.14	0.09	0.1	10.4
RIOBAMBA	0.06	0.07	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.11	0.1	0.1	0.11	0.1	0.1	0.1	9.55
CAYAMBE	0.05	0.06	0.08	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.05	0.08	0.05	0.05	0.06	6.42
CANTON MEJIA	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.05	0.05	0.07	6.56
SALINAS	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.05	0.09	0.08	0.08	0.07	0.05	0.05	0.06	0.07	7
TENA	0.07	0.08	0.09	0.09	0.1	0.11	0.13	0.11	0.11	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	9.24
AZOGUES	0.08	0.1	0.1	0.07	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.1	0.08	0.08	0.6	0.1	9.56
MACAS	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	4.43
ZAMORA	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	2.97
LOJA	0.06	0.11	0.1	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.1	0.1	0.12	0.1	10.31
	0.15	0.14	0.11	0.1	0.09	0.08	0.07	0.07	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03		

Fuente: (Correa Barahona et al., 2023).

1.3 Ciudades

Este apartado analiza las iniciativas adoptadas por las ciudades seleccionadas de Ecuador para fomentar la electromovilidad y enfrentar los desafíos del cambio climático. Cada ciudad adapta sus políticas de movilidad eléctrica a su contexto socioeconómico y a las necesidades de sus habitantes. Estas acciones no solo buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también mejorar la calidad de vida en entornos urbanos.

A continuación, se muestran las ciudades que cuentan con las Políticas o Planes implementados:

1.3.1 Azogues

1.3.1.1 PDOT

En Azogues, el PDOT promueve un crecimiento urbano sostenible mediante el uso eficiente del suelo y la movilidad sostenible. Entre sus iniciativas destaca el uso de triciclos eléctricos para la distribución de mercancías, aunque persisten desafíos en la consolidación de infraestructura para la movilidad eléctrica (Peñañiel, 2021).

1.3.1.2 PUGS

El Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) de Azogues, vinculado al PDOT, regula el uso del suelo bajo principios de sostenibilidad, protegiendo áreas ecológicas y delimitando el desarrollo urbano (Peñañiel, 2021).

En julio de 2024, la municipalidad implementó un proyecto con imágenes satelitales ortorectificadas para mapear parroquias rurales, permitiendo una planificación territorial más precisa y adaptada a las características locales (El Mercurio, 2024).

1.3.1.3 Estrategia Nacional de Electromovilidad

En Azogues, se desarrolla un proyecto piloto de triciclos eléctricos para la distribución de mercancías en el centro urbano, como parte de la Estrategia Nacional de Electromovilidad. Apoyado por la GIZ y la Unión Europea a través de “SOLUTIONSplus”, este proyecto busca reducir emisiones de carbono e involucrar a la ciudadanía en el transporte limpio (Noticias del Cañar, 2024).

1.3.2 CUENCA

1.3.2.1 PDOT

El PDOT de Cuenca establece una estrategia integral para fomentar el crecimiento urbano sostenible, priorizando la mejora de infraestructura de transporte y el uso de vehículos eléctricos. Alineado con la Estrategia Nacional de Electromovilidad, este plan busca reducir GEI. Además, promueve la participación ciudadana para garantizar que las necesidades comunitarias se incluyan en la planificación, fortaleciendo la aceptación de iniciativas sostenibles y apoyando la descarbonización y el uso de energías renovables en el transporte (GAD Municipal del Cantón Cuenca, 2015).

1.3.2.2 PUGS

El PUGS de Cuenca, parte de su PDOT 2022, regula el uso de suelos urbanos y rurales para garantizar un desarrollo sostenible y equilibrado. Este plan promueve el uso adecuado del suelo para viviendas, equipamientos públicos y áreas verdes, al tiempo que preserva el patrimonio cultural y natural de la ciudad, reconocida como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO (GAD Municipal de Cuenca, 2022).

1.3.2.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC)

En Cuenca, el PMUS destaca por reducir emisiones de GEI mediante el fortalecimiento del transporte eléctrico, incluyendo el tranvía eléctrico y soluciones de micromovilidad como bicicletas y scooters eléctricos (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca, 2024).

Además, el programa Centro Histórico Bajo en Emisiones busca disminuir la contaminación vehicular en áreas clave del centro urbano, alineándose con los objetivos de la ENCC. Estas iniciativas impulsan un modelo de movilidad más limpio y eficiente (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca, 2024).

1.3.2.4 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

Cuenca ha impulsado el uso del tranvía eléctrico y ha desarrollado el Plan de Electromovilidad E-Cuenca, que busca ampliar la infraestructura de carga para vehículos eléctricos y promover el transporte sostenible. Estos esfuerzos forman parte de los compromisos adquiridos en el marco de la Tercera Comunicación Nacional, alineados

con los objetivos de reducción de emisiones y mejora de la sostenibilidad en el transporte (Ruiz-Huéscar et al., 2023).

1.3.2.5 Ley de Eficiencia Energética

En Cuenca, se impulsan proyectos como el Plan de Electromovilidad E-Cuenca, orientado a la descarbonización del transporte público y privado. Este plan prioriza la electrificación de flotas, el fortalecimiento de la infraestructura de carga con electrolineras y el fomento de micromovilidad con bicicletas y scooters eléctricos, promoviendo alternativas sostenibles (Ruiz-Huéscar et al., 2023).

Asimismo, la ciudad moderniza edificios públicos con tecnologías energéticamente eficientes y desarrolla una red energética para soportar el crecimiento de vehículos eléctricos, en colaboración con organismos internacionales como la GIZ y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (Ruiz-Huéscar et al., 2023).

1.3.2.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad

En Cuenca, la Estrategia Nacional de Electromovilidad se implementa a través del Plan de Electromovilidad E-Cuenca, que busca descarbonizar el sector transporte mediante la electrificación del transporte público, el desarrollo de infraestructura de carga y la promoción de la electromovilidad entre los ciudadanos. Este plan destaca por la incorporación del tranvía eléctrico y programas de micromovilidad como BICICUENCA, que incluye bicicletas y scooters eléctricos (Ruiz-Huéscar et al., 2023).

Además, se ejecutan proyectos piloto para sustituir buses de combustión por buses eléctricos, financiados por organismos internacionales como la GIZ y la Transformative Urban Mobility Initiative (TUMI). Estas acciones incluyen la instalación de estaciones de carga en puntos estratégicos y plantean medidas a corto, mediano y largo plazo para avanzar hacia una movilidad sostenible y reducir la huella de carbono de la ciudad (Dobjani, 2024; Ruiz-Huéscar et al., 2023).

1.3.2.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada

En el plan de electromovilidad de Cuenca según Ruiz-Huéscar et al. (2023) han implementado proyectos piloto como la incorporación de buses eléctricos en su flota pública y la promoción de tecnologías limpias para reducir su huella de carbono.

1.3.2.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización

En Cuenca, el Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización (2022) impulsa la movilidad sostenible mediante el Plan de Electromovilidad E-Cuenca, que electrifica el transporte público, incluye el tranvía eléctrico y establece infraestructura de recarga. (Ruiz-Huéscar et al., 2023).

También, el Proyecto Centro Histórico bajo en Emisiones promueve micromovilidad y transporte público, reduciendo vehículos de combustión en áreas densas. Estas acciones se alinean con las metas nacionales de electrificación y descarbonización del transporte (Correa-Barahona et al., 2023).

1.3.3 IBARRA

1.3.3.1 PDOT

El PDOT de Ibarra promueve un desarrollo sostenible abordando problemáticas ambientales, sociales y económicas. Se enfoca en regular el uso del suelo, optimizar la ocupación territorial y fortalecer la infraestructura urbana y rural, integrando la electromovilidad como componente clave. Además, propone estrategias para mejorar la conectividad, el acceso a servicios básicos y la participación ciudadana, alineando el desarrollo local con políticas nacionales de sostenibilidad y reduciendo emisiones en el transporte urbano (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra, 2024).

1.3.3.2 PUGS

En 2024, el PUGS de Ibarra, alineado con el PDOT, regula el uso del suelo en áreas urbanas y rurales con enfoque en sostenibilidad y desarrollo integral. Busca distribuir equitativamente recursos y servicios, considerando el crecimiento demográfico y protegiendo áreas naturales. También controla la expansión urbana y se articula con la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS), garantizando el cumplimiento de normativas para un orden territorial adecuado (Municipio de Ibarra, 2021).

1.3.3.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC)

Ibarra implementa la ENCC a través de su PDOT, integrando estrategias de sostenibilidad y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante una

planificación territorial eficiente (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra, 2024). Además, desarrolla programas de reforestación en zonas estratégicas, como La Magdalena, para aumentar la absorción de carbono, mejorar la calidad del aire y preservar la biodiversidad local (Ministerio del Ambiente, 2020a).

1.3.3.4 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

En Ibarra, la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador (2017) impulsa iniciativas para mitigar y adaptarse al cambio climático. Estas incluyen la reducción de emisiones de GEI, la protección de recursos hídricos y mejoras en infraestructura urbana frente a inundaciones y variaciones climáticas. Además, se promueven proyectos de energías renovables y reforestación en áreas críticas, aumentando la resiliencia de la ciudad y alineándose con los compromisos internacionales de Ecuador en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Ministerio del Ambiente, 2017).

1.3.4 AMBATO

1.3.4.1 PDOT

El PDOT de Ambato para 2050 establece un enfoque integral orientado a mejorar la calidad de vida y promover un desarrollo sostenible. Incluye estrategias de movilidad sostenible con énfasis en vehículos eléctricos y una red de carga adecuada, abordando la contaminación y el cambio climático. Este plan incorpora metas a largo plazo, evaluaciones periódicas y la adaptación de estrategias para avanzar hacia la electromovilidad, integrando sostenibilidad y nuevas tecnologías en el transporte (Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Ambato, 2018).

1.3.4.2 PUGS

El PUGS de Ambato, vigente hasta 2033, regula el uso del suelo y la edificación para un desarrollo urbano sostenible. Actualizado en 2024, impulsa el crecimiento vertical, compatibilidad de usos del suelo y límites en alturas de edificaciones, preservando el patrimonio histórico. Establece un máximo de cuatro pisos en el centro histórico y hasta doce pisos en avenidas estratégicas, fomentando una densificación

ordenada que responde a las necesidades actuales y futuras de la ciudad (El Heraldillo, 2024; Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato, 2022).

1.3.4.3 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada

En Ambato, este plan se refleja en proyectos de eficiencia energética en edificaciones públicas y privadas, incentivando el uso de tecnologías limpias y reduciendo el consumo energético. Asimismo, se desarrollan programas de movilidad sostenible que incluyen mejoras en el transporte público y la promoción del uso de bicicletas, contribuyendo a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GIZ, 2021)

La gestión de residuos es otra prioridad, con programas de reciclaje y manejo adecuado de desechos sólidos que buscan minimizar su impacto ambiental. Estas iniciativas apoyan la transición hacia una economía circular, promoviendo un desarrollo más sostenible en el cantón (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato, 2024).

1.3.5 MANTA

1.3.5.1 PDOT

El PDOT del Cantón Manta para 2020-2035 propone un marco integral que aborda problemas actuales y futuros con enfoque en sostenibilidad, resiliencia y desarrollo social. Este plan apoya la transición hacia un transporte más limpio y eficiente, articulando el crecimiento urbano con la infraestructura necesaria para implementar la electromovilidad (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta, 2021).

Basado en un diagnóstico de las necesidades económicas, sociales y ambientales, el PDOT incluye proyectos estratégicos como la modernización del transporte público, la promoción de energías renovables y mejoras en infraestructura urbana. Alineado con los objetivos de desarrollo sostenible, fomenta la colaboración entre actores locales y promueve la participación ciudadana, fortaleciendo capacidades institucionales para gestionar el cambio climático y reducir riesgos, aspectos esenciales para garantizar la sostenibilidad (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta, 2021).

1.3.5.2 PUGS

El PUGS de Manta, parte del PDOT 2020-2035 y actualizado en 2024, es una herramienta esencial para gestionar el uso, ocupación y transformación del territorio de manera sostenible. Este plan regula los usos del suelo, fomenta el desarrollo urbano y rural equilibrado, y prioriza la conservación ambiental y patrimonial. Además, integra medidas para mitigar el cambio climático, fortalecer la conectividad territorial y promover el desarrollo económico local, posicionando a Manta como un cantón resiliente y competitivo que busca garantizar el bienestar de sus habitantes y la sostenibilidad a largo plazo (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta, 2024).

1.3.5.3 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

La TCNE sobre Cambio Climático es un informe elaborado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador, que detalla los avances del país en mitigación y adaptación al cambio climático. Este documento incluye inventarios de GEI, evaluaciones de vulnerabilidad y estrategias de adaptación implementadas a nivel nacional. Aunque el informe aborda acciones a nivel nacional, su implementación se refleja en ciudades como Manta, donde se han adoptado medidas para reducir emisiones y fortalecer la resiliencia frente a los efectos del cambio climático (Ministerio del Ambiente, 2017)

1.3.5.4 Ley de Eficiencia Energética

En agosto de 2023, se inició una obra en la vía Circunvalación que conecta Manta, Montecristi y Jaramijó, donde se instalaron 1.000 luminarias LED, 384 postes, 24 kilómetros de redes y 30 transformadores, beneficiando a más de 300.000 personas. Estas acciones, alineadas con la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, destacan el compromiso de la ciudad con el ahorro energético y la sostenibilidad (El Mercurio de Manta, 2023).

En la actualidad, Manta ha reforzado su compromiso con la eficiencia energética a través de proyectos de modernización del alumbrado público. En enero de 2024, la Corporación Nacional de Electricidad instaló 320 luminarias LED en 27 sectores de la zona norte de Manabí, beneficiando a varios cantones, incluido Manta (El Mercurio de Manta, 2024).

1.3.6 QUITO

1.3.6.1 PDOT

El plan de Quito, establecido en 2015, busca transformar la ciudad en un entorno sostenible y habitable, promoviendo equidad social, inclusión y sostenibilidad ambiental. Este plan abarca políticas públicas relacionadas con movilidad, uso del suelo, infraestructura y participación ciudadana, respondiendo a las necesidades de sus habitantes (Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito, 2015).

En movilidad, fomenta un sistema eficiente y ecológico mediante la promoción de vehículos eléctricos, estaciones de carga y la modernización del transporte público, incluyendo tranvías y buses eléctricos. También incorpora estrategias para mitigar el cambio climático, como la mejora en la gestión de residuos y el uso de energías renovables, contribuyendo a la transición hacia un modelo urbano más sostenible (Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito, 2015).

1.3.6.2 PUGS

El PUGS de Quito, parte del Plan Metropolitano de Desarrollo 2021-2033, prioriza el uso eficiente del suelo para construir una ciudad sostenible y equitativa. Promueve una ciudad compacta con centralidades urbanas y rurales, controlando el crecimiento urbano para proteger áreas de conservación y mejorar la calidad de vida. Además, fomenta la recuperación de quebradas y ecosistemas estratégicos, integrando un sistema de transporte eficiente donde el Metro de Quito juega un papel clave (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021).

Este plan también fortalece la resiliencia ante riesgos naturales, equilibrando las necesidades de los habitantes con la preservación ambiental. Su enfoque busca ordenar el territorio y ofrecer un entorno inclusivo y armónico con la naturaleza, garantizando una vida urbana más sostenible y eficiente (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2021).

1.3.6.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC)

El Plan de Metro de Quito es un componente crucial en este esfuerzo. Como sistema de transporte público eléctrico, contribuye significativamente a la reducción de

emisiones de carbono y mejora la calidad del aire en la ciudad. Además, Quito ha promovido la expansión de la red de ciclovías y la creación de zonas de bajas emisiones, que fomentan el uso de alternativas de transporte más limpias, alineadas con los objetivos de la ENCC (Metro-Quito, 2024).

1.3.6.4 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

La TCNE manifiesta el compromiso de Quito con los acuerdos internacionales para la mitigación del cambio climático. En este contexto, la ciudad ha implementado el Plan de Movilidad Sostenible, que busca fomentar el uso de medios de transporte sostenibles y reducir las emisiones del sector transporte. Este plan incluye la electrificación de la flota de vehículos de transporte público y la mejora de la infraestructura vial para apoyar el uso de bicicletas y otros medios de transporte no motorizados, en línea con las metas de reducción de emisiones establecidas en la TCNE (Ministerio del Ambiente, 2017c).

1.3.6.5 Ley de Eficiencia Energética

En la ciudad de Quito, la aplicación de esta ley ha impulsado diversas iniciativas orientadas a optimizar el consumo energético. El municipio ha implementado programas de modernización del alumbrado público, reemplazando luminarias tradicionales por tecnologías LED más eficientes, lo que ha resultado en una reducción significativa del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero (Empresa Eléctrica Quito, 2023). Además, se han promovido campañas de concienciación ciudadana sobre prácticas de ahorro energético en hogares y empresas, alineadas con los objetivos de la ley.

1.3.6.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad

El Plan de Metro de Quito se destaca como el primer sistema de transporte subterráneo eléctrico en el país, representando un avance significativo hacia la descarbonización del sector transporte (Metro-Quito, 2024).

El Metro no solo mejora la movilidad en la ciudad, sino que también apoya la transición hacia un sistema de transporte más sostenible. Además, Quito ha renovado su flota de autobuses públicos con unidades eléctricas y ha desarrollado infraestructura de carga,

como estaciones de recarga, que facilitan la adopción de vehículos eléctricos (Metro-Quito, 2024).

1.3.6.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada

La ciudad de Quito ha mostrado su compromiso con estos objetivos mediante la implementación del Plan de Metro de Quito, que juega un papel crucial en la reducción de emisiones en el sector transporte. (Metro-Quito, 2024).

Este sistema de transporte público eléctrico es esencial para descarbonizar la movilidad en la ciudad. Además, se ha iniciado la electrificación de su flota de autobuses y ha trabajado en la infraestructura de carga para vehículos eléctricos, lo que refuerza su alineación con los objetivos del PI-NDC y su compromiso hacia una movilidad más limpia y sostenible (Ministerio del Ambiente, 2021b).

1.3.6.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización

En Quito, el Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización impulsa iniciativas como la modernización del transporte público con el Metro de Quito, la promoción de bicicletas como medio de transporte, la instalación de luminarias LED en el alumbrado público y el desarrollo de sistemas integrales de gestión de residuos. Estas acciones fortalecen el compromiso de la ciudad con un modelo bajo en carbono y contribuyen a la sostenibilidad urbana (Ministerio del Ambiente, 2022b).

1.3.7 GUAYAQUIL

1.3.7.1 PDOT

El PDOT de Guayaquil promueve un desarrollo urbano sostenible, abordando infraestructura, movilidad y sostenibilidad ambiental, en línea con políticas nacionales y locales para mejorar la calidad de vida y fomentar la economía regional (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil, 2021).

En movilidad, prioriza un transporte público eficiente y sostenible, integrando alternativas limpias como vehículos eléctricos para reducir emisiones y mejorar la calidad del aire. También se enfoca en crear infraestructura de carga para vehículos eléctricos y fomentar la participación ciudadana, asegurando que las políticas reflejen las necesidades de la comunidad. Además, establece un marco normativo que impulsa tecnologías limpias

y prácticas sostenibles en el transporte (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil, 2021).

1.3.7.2 PUGS

En la actualidad, el PUGS de Guayaquil se encuentra en un proceso continuo de implementación. Este plan tiene como objetivo establecer un marco normativo claro para la planificación urbana y el desarrollo territorial de la ciudad, buscando lograr un uso eficiente del suelo que favorezca tanto el crecimiento económico como la sostenibilidad ambiental (Municipio de Guayaquil, 2021). Sin embargo, el cumplimiento del plan enfrenta ciertos desafíos, especialmente en cuanto a la expansión urbana descontrolada en áreas periféricas y la gestión adecuada de los asentamientos informales (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador, 2021).

Aunque ha avanzado en la regeneración urbana y en el desarrollo de infraestructuras sostenibles, el plan aún está en proceso de consolidación y no ha alcanzado todos los objetivos inicialmente planteados (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador, 2021).

1.3.7.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC)

La implementación de la ENCC se enfoca en adaptarse a fenómenos climáticos extremos, como lluvias intensas e inundaciones, y en mitigar emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del transporte y la industria. La ciudad ha fortalecido su infraestructura, especialmente redes de agua y alcantarillado, para reducir los impactos de las inundaciones. Sin embargo, enfrenta desafíos en la transición hacia una movilidad sostenible, con avances limitados en tecnologías limpias como la movilidad eléctrica (CIIFEN, 2012; FLACSO Andes, 2012).

1.3.7.4 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

En el contexto de Guayaquil, la Tercera Comunicación Nacional identifica desafíos específicos relacionados con el cambio climático, como la vulnerabilidad a inundaciones debido a su ubicación geográfica y la necesidad de implementar estrategias de adaptación en sectores clave como transporte, energía y gestión de residuos. El informe destaca la importancia de fortalecer la resiliencia de la ciudad mediante la planificación urbana sostenible y la adopción de tecnologías limpias (Ministerio del Ambiente, 2017).

1.3.7.5 Ley de Eficiencia Energética

La Ley de Eficiencia Energética (2019) establece que, desde 2025, todos los vehículos nuevos de transporte público deben ser eléctricos. También promueve el uso de etiquetas de eficiencia energética para vehículos nuevos, controlando el consumo de energía y reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

Sin embargo, la ciudad enfrenta retos en infraestructura, especialmente en la instalación de estaciones de carga eléctrica. Aunque se desarrollan proyectos de movilidad eléctrica impulsados por la ley, la adopción de esta tecnología y el desarrollo de infraestructura siguen en expansión (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

1.3.7.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad

Guayaquil impulsa la sostenibilidad mediante proyectos innovadores como la Aerovía, un sistema de transporte Aero suspendido que conecta Guayaquil con Durán. Inaugurada en 2020, esta infraestructura única en el país puede transportar hasta 40.000 personas al día, reduciendo la congestión vehicular y las emisiones de gases de efecto invernadero en una de las rutas más transitadas. La Aerovía mejora la conectividad y calidad de vida al ofrecer un transporte eficiente, seguro y ecológico, alineándose con los objetivos de movilidad sostenible (Municipio de Guayaquil, 2020).

1.3.7.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada

En Guayaquil, se han realizado inversiones en infraestructura de carga, con la expansión de electrolíneas y la incorporación de buses eléctricos, priorizando la reducción de emisiones en el sector transporte. Sin embargo, persisten desafíos en la implementación completa de esta estrategia, especialmente en la infraestructura necesaria para flotas más amplias de vehículos eléctricos (Ministerio del Ambiente, 2021b).

1.3.7.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización

El Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización (2022) prioriza la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte. Las acciones incluyen la expansión de la electromovilidad y la instalación de estaciones de carga eléctrica. Como parte de este proceso, ya se han implementado buses y taxis

eléctricos, reflejando el compromiso de la ciudad con la descarbonización del transporte público (Ministerio del Ambiente, 2022b).

1.3.8 PORTOVIEJO

1.3.8.1 PDOT

El PDOT de Portoviejo promueve un desarrollo urbano sostenible mediante la planificación del uso del suelo, la gestión de recursos naturales y la movilidad urbana. Este plan aborda desafíos como la adaptación al cambio climático y la mejora de la calidad de vida (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, 2021).

Se prioriza un sistema de transporte sostenible que reduzca emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando la movilidad eléctrica y la creación de infraestructura, como estaciones de carga. Estas acciones están alineadas con políticas nacionales para incentivar la adopción de vehículos eléctricos y reducir la dependencia de combustibles fósiles (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, 2021).

1.3.8.2 PUGS

Portoviejo se encuentra actualmente en un proceso de corrección tras una evaluación realizada por la Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. Se identificaron fallas en la asignación de tratamientos urbanísticos, lo que llevó al GAD de Portoviejo a implementar un Plan de Remediación. Este proceso, que debía cumplirse antes de junio de 2023, fue completado con éxito, evitando sanciones administrativas. Gracias a esta acción, Portoviejo alineó sus políticas urbanísticas con la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (Superintendencia de Ordenamiento Territorial, 2023).

1.3.8.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC)

Se ha implementado varias medidas de adaptación, especialmente en áreas críticas como la infraestructura urbana y la gestión de recursos hídricos. Sin embargo, las zonas más vulnerables, especialmente en el norte y sur de la ciudad, siguen enfrentando riesgos significativos relacionados con las lluvias intensas, las sequías y el aumento de la temperatura (CAF, 2021b).

1.3.8.4 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

Portoviejo ha sido identificada como una ciudad vulnerable, especialmente debido a su ubicación y la falta de infraestructura resiliente. Las acciones descritas en la Tercera Comunicación Nacional incluyen medidas como la gestión de recursos hídricos y la protección de cuencas fluviales, que han ayudado a mejorar la capacidad de respuesta ante los cambios climáticos. No obstante, las limitaciones en la electrificación del transporte y el manejo de residuos sólidos siguen siendo barreras para un mayor progreso en términos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio del Ambiente, 2017).

1.3.8.5 Ley de Eficiencia Energética

La ley establece directrices para reducir el consumo de combustibles fósiles en el sector del transporte, incentivando el uso de vehículos eléctricos. Sin embargo, en Portoviejo, la falta de infraestructura de carga adecuada y de incentivos económicos ha impedido una adopción más rápida de estos vehículos. La ciudad aún depende en gran medida del uso de gasolina y diésel, lo que limita el impacto positivo que esta ley podría tener en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

1.3.8.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad

Los esfuerzos para implementar esta estrategia en Portoviejo han sido limitados. Si bien existen iniciativas para promover la electromovilidad, la infraestructura de carga sigue siendo insuficiente, lo que frena la adopción de vehículos eléctricos tanto en el transporte público como en el privado. La falta de incentivos económicos y apoyo logístico ha dificultado que esta ciudad pueda cumplir con las metas de electrificación establecidas por el gobierno central (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2021b).

1.3.8.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada

El Municipio de Portoviejo ha incorporado criterios de adaptación al cambio climático en su Plan Portoviejo 2035. Esta iniciativa busca fortalecer la resiliencia de la ciudad frente a los efectos adversos del cambio climático, promoviendo un desarrollo urbano sostenible y alineado con los compromisos nacionales e internacionales en materia ambiental (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, 2023).

1.3.8.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización

El Plan Portoviejo 2035 impulsa la descarbonización mediante estrategias como la movilidad sostenible, con transporte público eficiente, ciclovías e infraestructura para energías renovables, como paneles solares. Además, promueve la gestión integral de residuos sólidos y la conservación de ecosistemas con proyectos de reforestación. Estas acciones, alineadas con compromisos climáticos nacionales, posicionan a Portoviejo como un referente en sostenibilidad urbana y transición hacia un modelo bajo en carbono (Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, 2023).

1.3.9 LOJA

1.3.9.1 PDOT

El PDOT de Loja promueve un desarrollo urbano sostenible y ordenado, alineado con las necesidades de la población y el respeto al medio ambiente. Incluye estrategias para una movilidad eficiente y sostenible, destacando la movilidad eléctrica como alternativa para reducir la huella de carbono y mejorar la calidad del aire (Municipio de Loja, 2021b).

El plan contempla proyectos para desarrollar infraestructura de carga eléctrica, fomentando la adopción de vehículos eléctricos. Su implementación busca impulsar la movilidad sostenible y generar un cambio cultural hacia prácticas más responsables en el transporte urbano, en sintonía con los objetivos de transición a una economía baja en carbono (Municipio de Loja, 2021b).

1.3.9.2 PUGS

El proceso de actualización del PUGS consta de varias fases: la fase preparatoria, el diagnóstico, la propuesta y la implementación de un modelo de gestión. Actualmente, Loja se encuentra en la tercera fase, en la que se están elaborando propuestas para proyectos de corto y mediano plazo, como la construcción de colectores, plantas de tratamiento de residuos y agua potable, y la regulación de áreas urbanas en crecimiento (Municipio de Loja, 2021b).

1.3.9.3 Estrategia Nacional del Cambio Climático (ENCC)

Estudios recientes indican que la ciudad está altamente vulnerable a los impactos del cambio climático, especialmente en áreas relacionadas con riesgos hidrometeorológicos como inundaciones y sequías. Sin embargo, no se ha implementado un enfoque directo en Loja bajo la Estrategia Nacional del Cambio Climático de 2012. Aunque hay medidas de adaptación en curso, como la reforestación y la gestión de cuencas hídricas, el progreso específico relacionado con la mitigación de emisiones en el transporte y energía aún es limitado (CAF, 2021a; Ministerio del Ambiente, 2012).

1.3.9.4 Tercera Comunicación Nacional (TCNE)

La ciudad ha estado expuesta a riesgos climáticos, como las variaciones en los patrones de lluvias y la susceptibilidad a eventos climáticos extremos. En este contexto, Loja ha implementado algunas de las medidas de adaptación y mitigación mencionadas en la Tercera Comunicación, especialmente en la gestión de recursos hídricos y la reforestación en áreas vulnerables. No obstante, la ciudad aún enfrenta importantes desafíos en la electrificación del transporte y la infraestructura para la movilidad eléctrica, lo cual limita su contribución directa a los objetivos de reducción de emisiones establecidos en la Tercera Comunicación (Ministerio del Ambiente, 2017).

1.3.9.5 Ley de Eficiencia Energética

Loja ha demostrado un compromiso significativo con la Ley Orgánica de Eficiencia Energética de Ecuador, implementando diversas iniciativas que promueven el uso racional y sostenible de la energía. Entre estas acciones destaca la modernización del alumbrado público mediante la instalación de luminarias LED, lo que ha permitido una reducción considerable en el consumo energético y en las emisiones de gases de efecto invernadero (Esmartcity, 2024).

1.3.9.6 Estrategia Nacional de Electromovilidad

En el caso de Loja, la ciudad ha sido seleccionada como una de las cuatro ciudades participantes en el programa MoVer (Movilidad Verde en Ciudades), que forma parte de esta estrategia. MoVer tiene como objetivo transformar la movilidad urbana en Loja a través de una inversión significativa en infraestructura eléctrica y la introducción de flotas

de buses eléctricos. A pesar de que el proyecto comenzó con cierto impulso, aún enfrenta desafíos en términos de infraestructura de carga y la adaptación de los operadores de transporte a esta nueva tecnología (Alvarado Espejo. et al., 2022; Diario La Hora, 2024).

1.3.9.7 Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada

A pesar de que se han implementado algunas iniciativas relacionadas con la reducción de emisiones, aún se encuentra en fases tempranas en cuanto a la electrificación del transporte y la adopción de tecnologías limpias. La ciudad ha mostrado interés en alinearse con las metas del PI-NDC, pero enfrenta desafíos económicos y estructurales que dificultan la implementación completa del plan, especialmente en términos de infraestructura de carga para vehículos eléctricos y el financiamiento necesario para proyectos de movilidad eléctrica (Ministerio del Ambiente, 2021b).

1.3.9.8 Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización

La implementación del plan avanza gradualmente, enfocándose en la gestión de residuos y el fomento de prácticas sostenibles. Sin embargo, enfrenta desafíos en la electrificación del transporte y la mejora de infraestructura energética. A través del programa MoVer, la ciudad promueve la electrificación del transporte público, aunque persisten limitaciones en infraestructura de carga y financiamiento para una implementación más amplia (Alvarado Espejo. et al., 2022; Diario La Hora, 2024).

1.4 Matriz ciudades

La Tabla 2 refleja las políticas y planes que tiene cada ciudad con respecto a las políticas y planes del Ecuador

Tabla 2. Políticas y planes del Ecuador

Ciudades	Políticas y Planes del Ecuador																							
	ENCC			TCNE			LEE			ENE			PI-NDC NAMA-T			PNTD			PDOT			PUGS		
	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No	Si	Progreso	No
Azogues	X					X			X			X			X			X	X			X		
Cuenca	X			X			X			X			X			X			X			X		
Ibarra		X			X				X			X			X			X	X			X		
Ambato			X		X	X			X			X	X					X	X			X		
Manta			X	X			X					X			X			X	X			X		
Quito	X			X			X			X			X			X			X			X		
Guayaquil	X			X			X			X			X			X			X			X		
Portoviejo	X				X			X			X		X			X			X			X		
Loja		X			X		X				X				X	X			X			X		

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2: Experiencia de países que han implementado con éxito la electromovilidad y los beneficios de su adopción

Este capítulo analiza los casos de Chile, Costa Rica y Colombia como referentes en la región por sus avances en electromovilidad. La elección de estos países se basa en sus esfuerzos para reducir emisiones de CO₂, optimizar la infraestructura de carga y fomentar el uso de vehículos eléctricos mediante políticas y regulaciones efectivas. (Climate Champions, 2021; Latam Mobility, 2023).

El análisis tiene como objetivo examinar las fuentes de generación energética, las estrategias nacionales de electromovilidad, la situación de carbono-neutralidad, vehículos eléctricos más usados en el 2023, situación actual de la infraestructura de carga y los avances en líneas de acción y tendencias. Finalmente, se realiza un análisis similar para Ecuador, identificando elementos que pueden ajustarse y cuantificando los beneficios potenciales de la electromovilidad para alcanzar la carbono-neutralidad.

2.1 Costa Rica

Costa Rica se ha consolidado como líder en electromovilidad a nivel regional e internacional, gracias a que más del 99% de su electricidad proviene de fuentes renovables. El país ha implementado soluciones de movilidad eléctrica para modernizar el transporte, reducir emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire (Instituto Costarricense de Electricidad, 2022).

El análisis destaca sus avances en la adopción de vehículos eléctricos, la expansión de infraestructura de carga y el fomento de una movilidad sostenible mediante campañas informativas y programas específicos (Deutsche Gesellschaft für & GIZ, 2021).

2.1.1 Fuentes de generación energética en Costa Rica

Costa Rica genera más del 99% de su electricidad a partir de fuentes renovables como energía hidroeléctrica, geotérmica, eólica, solar y biomasa, reduciendo su dependencia de combustibles fósiles y promoviendo prácticas sostenibles. La energía hidroeléctrica predomina, representando el 70% de la generación renovable. Proyectos emblemáticos como las plantas Cachí, Pirrís y Reventazón, esta última evitando 160.000 toneladas de CO₂ al año, han sido clave en esta transición, con apoyo técnico y financiero

del Banco Centroamericano de Integración Económica. (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2023).

Además, el BCIE ha impulsado el desarrollo de energía eólica y geotérmica con proyectos como el Parque Eólico Valle Central y Las Pailas, diversificando la matriz energética. Estas iniciativas también promueven la autosuficiencia energética y fortalecen la integración regional mediante el SIEPAC, facilitando el intercambio energético en Centroamérica (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2023).

2.1.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Costa Rica

El Plan Nacional de Electromovilidad de Costa Rica, según MINAE (2019), Es una estrategia integral para descarbonizar el país. Su objetivo principal es fomentar la adopción masiva de vehículos eléctricos y reducir las emisiones del sector transporte, alineándose con el Plan Nacional para Descarbonización 2018-2050.

Visión

El Plan Nacional de Electromovilidad de Costa Rica busca transformar al país en una economía verde, resiliente y libre de emisiones netas para 2050. Su enfoque es desacoplar el crecimiento económico del aumento de emisiones de carbono, manteniendo el incremento global de la temperatura por debajo de 2 °C, idealmente 1.5 °C, en línea con el Acuerdo de París.

Costa Rica aspira a liderar este proceso, aprovechando sus avances en conservación de biodiversidad y su transición casi total hacia energías renovables. La visión incluye acciones transversales que impulsan la sostenibilidad ambiental, la transformación económica y la mejora de la calidad de vida.

Objetivos principales:

- **Aumento de la adopción de vehículos eléctricos:** Lograr que el 30% del parque vehicular privado sea eléctrico para 2030 y alcanzar el 100% para 2050.
- **Desarrollo de infraestructura de carga:** Establecer una red nacional con estaciones rápidas y semirrápidas que aseguren cobertura adecuada.
- **Incentivos económicos:** Implementar beneficios fiscales, como la eliminación de impuestos a la importación de vehículos eléctricos, descuentos tributarios y financiamiento accesible.
- **Fortalecimiento del marco regulatorio:** Diseñar normativas que faciliten la transición hacia la movilidad eléctrica, incluyendo estándares de eficiencia energética.

- **Capacitación y educación:** Ofrecer programas de formación para técnicos y usuarios, junto con campañas de sensibilización sobre los beneficios ambientales y económicos de la electromovilidad.

Metas:

- **Corto plazo (2018-2022):** Establecer las bases para la descarbonización mediante políticas, normativas y condiciones que eviten decisiones comprometedoras a largo plazo.
- **Mediano plazo (2023-2030):** Implementar cambios estructurales que reorienten la economía hacia la descarbonización, coordinando visiones sectoriales, ajustando mercados e infraestructuras, y eliminando barreras para alcanzar emisiones netas cero.
- **Largo plazo (2031-2050):** Consolidar una economía libre de carbono con tecnologías de cero emisiones predominantes, transformando sectores económicos y cumpliendo los objetivos del Acuerdo de París.

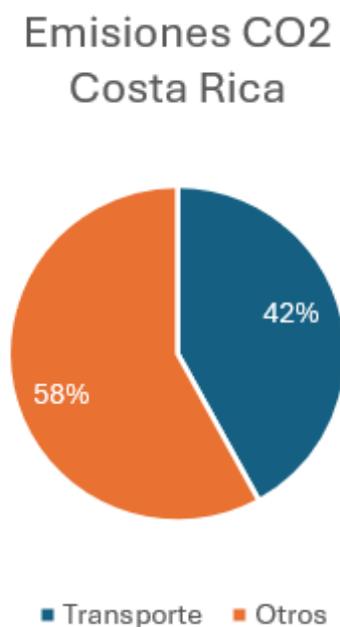
Resultados esperados:

- Disminución notable de las emisiones de CO₂ en el sector del transporte, apoyando los objetivos de descarbonización del país para el año 2050.
- Incremento en la utilización de vehículos eléctricos, centrado en el transporte público, privado y de carga.
- Creación de una infraestructura sólida de estaciones de carga para atender la creciente necesidad de vehículos eléctricos.

2.1.3 Emisiones de GEI en Costa Rica

Según la Figura 5 en Costa Rica, el transporte es la principal fuente de emisiones de GEI, constituyendo alrededor del 42% del total nacional. La elevada dependencia de los vehículos particulares ha sido un factor clave en el crecimiento de estas emisiones, las cuales han aumentado más de un 243% desde 1990 (PNUD, 2022).

Figura 5. Emisiones CO₂ en Costa Rica



Fuente: (PNUD, 2022).

- **Transporte:** Es responsable del 42% de las emisiones totales de CO₂, debido al uso de combustibles fósiles en vehículos privados y comerciales, siendo el sector más contaminante.
- **Otros sectores:** El 58% restante de las emisiones, representa actividades industriales, comerciales, residenciales y agrícolas. A pesar de su relevancia, el transporte es el mayor reto para reducir la huella de carbono del país.

Se prevé que, para 2035, el 30% de la flota de transporte público sea libre de emisiones, alcanzando el 85% en 2050. (PNUD, 2022).

Estos esfuerzos forman parte de una estrategia más amplia orientada a alcanzar la neutralidad de carbono, promoviendo la movilidad sostenible y reduciendo el uso de vehículos con motores de combustión interna.

2.1.4 Carbono neutralidad en Costa Rica

El Plan Nacional de Descarbonización de Costa Rica tiene como meta lograr que el país alcance una economía con emisiones netas de carbono nulas para el año 2050. Este objetivo ambicioso está en consonancia con los compromisos internacionales del Acuerdo de París y se centra en desvincular el crecimiento económico del consumo de combustibles fósiles, asegurando un desarrollo sostenible y resiliente. Costa Rica

aspira a convertirse en un referente en la lucha contra el cambio climático, estableciendo un modelo que integre el uso de energías limpias y la explotación sostenible de sus recursos naturales renovables (MINAE, 2019).

2.1.5 Vehículos eléctricos

Costa Rica ha logrado avances significativos en la adopción de vehículos eléctricos, impulsados por políticas gubernamentales favorables, una infraestructura de carga robusta y mayor interés de los consumidores. Desde 2020, el país ha implementado estrategias como exenciones fiscales y tarifas reducidas, facilitando su adopción. En 2021, la Ley N° 9518 marcó un punto clave, ofreciendo incentivos como la exoneración del IVA (13%) y aranceles de importación, lo que incrementó significativamente las ventas de vehículos eléctricos. Este cambio refleja un mayor interés en la movilidad sostenible respaldado por la infraestructura de carga del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) (Instituto Costarricense de Electricidad, 2022; MINAE, 2019).

La Tabla 3 muestra un desglose del número de vehículos eléctricos registrados en Costa Rica en el año 2024.

Tabla 3. Adopción de Vehículos Eléctricos en Costa Rica 2024

Vehículos Eléctricos 2024						
MES	AUTOS	MOTOS	ESPECIAL	TRABAJO	TOTAL	% REG.
Enero	523	22	28	26	599	7.56%
Febrero	708	11	27	47	793	10.52%
Marzo	567	6	9	27	609	9.98%
Abril	586	10	12	50	658	8.29%
Mayo	678	13	14	57	762	9.16%
Junio	818	8	13	53	892	11.09%
Julio	1,307	10	26	29	1,372	15.29%
Agosto	1,038	11	17	36	1,102	13.83%
Septiembre						
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						
SUMA	6225	91	146	325	6787	15.29%

Fuente: (Mobility Portal, 2024b)

Distribución por tipo de vehículo:

- Autos: Son 6,225 autos registrado.
- Motos: Un total de 91 motocicletas.
- Especiales: Esta categoría incluye vehículos eléctricos especiales, con un total de 146 registrados.
- Trabajo: Vehículos de trabajo suman 325 registros.

Crecimiento mensual:

La Tabla 3 muestra un incremento constante en los registros mensuales. Por ejemplo, en enero se registraron 599 vehículos eléctricos, mientras que en julio esta cifra aumentó significativamente hasta 1,372. El mes de julio destaca como el mes con el mayor número de registros, alcanzando un 15.29% de todos los registros del año.

Porcentaje de registro mensual:

En cuanto al porcentaje, este varía mes a mes. En enero, el porcentaje de vehículos registrados fue del 7.56%, mientras en julio, el porcentaje se incrementó al 15.29%, lo que representa el mes con mayor número de registros.

Acumulado hasta agosto:

El total de vehículos eléctricos registrados hasta agosto de 2024 asciende a 6,787, con un promedio de registro mensual cercano al 10%.

Según la Tabla 4, en 2021, BYD y Audi lideraron el mercado de vehículos eléctricos en Costa Rica con ventas de 275 y 271 unidades, respectivamente. En 2022, BYD experimentó un crecimiento significativo, alcanzando 1,209 unidades gracias a su gama de modelos asequibles y eficientes. Audi también aumentó sus ventas a 375 unidades, consolidándose como una opción destacada en el segmento de lujo. Por otro lado, JAC, que había vendido solo 2 unidades en 2021, logró 175 unidades en 2022, reflejando un interés creciente en marcas chinas que ofrecen opciones competitivas en precio y eficiencia (AleTech, 2023b).

Tabla 4. Historia de la venta de vehículos Eléctricos en Costa Rica

MARCA	TOTAL ELÉCTRICOS 2021	TOTAL ELÉCTRICOS 2022
BYD	275	1209
AUDI	271	375
JAC	2	175

Fuente: (AleTech, 2023b)

Según la Tabla 5, en 2023, Costa Rica mostró un notable interés en la electromovilidad, destacando un crecimiento en la importación de vehículos eléctricos. BYD lideró el mercado con 1,183 unidades importadas, representando el 18.74% del mercado, gracias a sus modelos eficientes y asequibles. Geely ocupó el segundo lugar con 994 unidades (15.75%), consolidando su presencia con vehículos eléctricos accesibles y de calidad. BMW, en tercer lugar, importó 440 unidades (6.97%), manteniéndose como una opción destacada en el segmento premium de vehículos eléctricos (AleTech, 2024).

Tabla 5. Historia de la venta de vehículos Eléctricos en Costa Rica 2023

MARCA	TOTAL	PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DE EVS
BYD	1183	18.74%
GEELY	994	15.75%
BMW	440	6.97%

Fuente: (AleTech, 2024).

A continuación, se expondrán los 3 vehículos más vendidos en Costa Rica basándonos en el año 2023:

BYD S1 Pro (Yuan Pro):

La Figura 6 muestra al BYD S1 Pro, con 621 unidades importadas en el transcurso del año 2023. Su éxito en el mercado se debe a la mezcla de su rendimiento, eficiencia y un precio atractivo, consolidándolo como el vehículo líder en ventas durante 2023 (AleTech, 2024; BYD, 2024b).

Figura 6. BYD S1 Pro (Yuan Pro)



Fuente: (BYD, 2024b)

Geely Geometry E

La Figura 7 muestra al Geely Geometry E, con un total de 563 unidades importadas, este modelo de la marca china Geely ha logrado una rápida aceptación en el mercado. Su énfasis en tecnología y confort, combinado con una favorable relación entre autonomía y precio, lo convierte en uno de los vehículos eléctricos más vendidos del año 2023 (AleTech, 2024; GEELY, 2024)

Figura 7. Geely Geometry E



Fuente: (GEELY, 2024)

JAC EJS1

La Figura 8 muestra al JAC EJS1, este vehículo eléctrico, de costo accesible y dimensiones compactas, reportó la importación de 305 unidades en 2023. Su diseño pequeño, su eficacia energética y su precio razonable lo hacen una alternativa atractiva para aquellos que buscan adentrarse en el ámbito de la electromovilidad con un desembolso inicial menor (AleTech, 2024; SAFE LEMON, 2024b).

Figura 8. JAC EJS1



Fuente: (SAFE LEMON, 2024b)

2.1.6 Infraestructura de carga en Costa Rica

Costa Rica ha avanzado significativamente en la expansión de infraestructura de carga para vehículos eléctricos, alineándose con el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. Este crecimiento ha sido impulsado por el sector público y colaboraciones con empresas privadas, aumentando la disponibilidad de estaciones de carga en todo el país (MINAE, 2019).

Desafíos y Oportunidades

Aunque el 93% de las recargas se realizan en los hogares, según Asomove, es necesario incrementar la red pública, especialmente en áreas rurales, principales carreteras y zonas

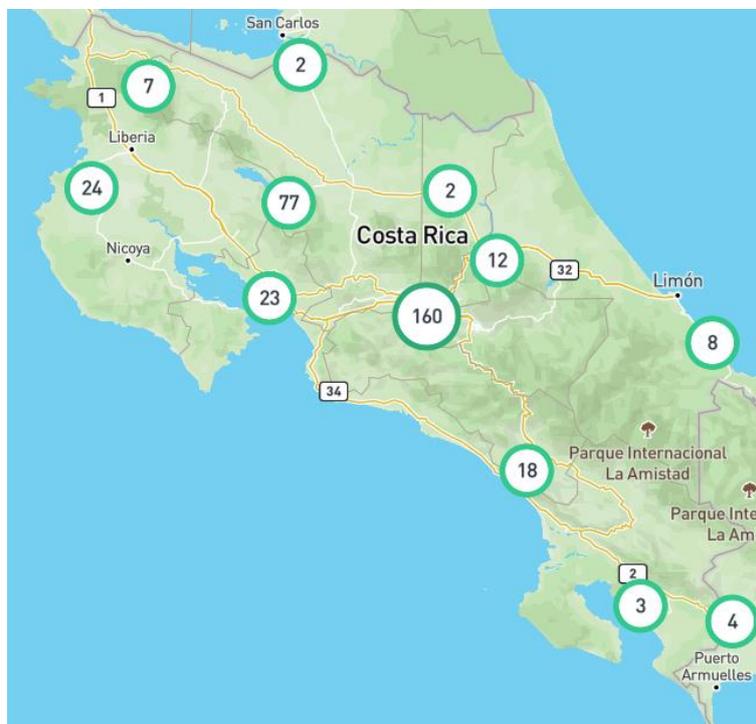
turísticas, para facilitar una transición masiva hacia la electromovilidad (La República, 2023a).

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y empresas privadas han contribuido a este desarrollo, instalando estaciones en centros comerciales, estaciones de servicio y espacios públicos. Un ejemplo destacado es el proyecto del Banco BAC Credomatic, que ha implementado estaciones de carga gratuitas en lugares estratégicos a lo largo de Centroamérica, incluida Costa Rica (La República, 2023a).

2.1.6.1 Puntos de carga para autos eléctricos en Costa Rica

Según la Figura 9 la base de datos Electromaps registra un total de 267 puntos de recarga disponibles en todo el país, lo que permite a los conductores cargar sus vehículos con facilidad, Monteverde se destaca como la ciudad con mayor cantidad de estaciones de carga en Costa Rica (Electromaps, 2024a).

Figura 9. Mapa de Estaciones de carga en Costa Rica



Fuente: (Electromaps, 2024a).

Los números dentro de círculos verdes, ubicados en la Figura 9 indican la cantidad de estaciones disponibles en diferentes regiones del país. Las áreas con mayor concentración

se encuentran en el Valle Central, específicamente en San José, que cuenta con 160 estaciones, seguido por otras regiones como Guanacaste con 77 y Alajuela con 24. También se observan estaciones en zonas rurales y costeras, como Limón con 12 y Puntarenas con 23, reflejando un esfuerzo por garantizar una cobertura nacional para apoyar la movilidad eléctrica (Electromaps, 2024b).

2.1.6.2 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Costa Rica

En Costa Rica, la expansión de la electromovilidad ha impulsado el desarrollo de soluciones de carga accesibles y eficientes. Entre estas, el Wallbox eHome & eHome Link (GBT) se ha consolidado como uno de los cargadores más populares por su funcionalidad y adaptabilidad (Compañía Nacional de Fuerza y Luz, 2023).

Wallbox eHome & eHome Link (GBT)

En Costa Rica, el Wallbox eHome & eHome Link (GBT) es un cargador doméstico comúnmente utilizado para vehículos eléctricos debido a su diseño compacto y resistente, apto para instalaciones interiores y exteriores. Fabricado con plástico ABS autoextinguible, ofrece durabilidad y seguridad para los usuarios residenciales (CIRCONTROL, 2023).

Este dispositivo permite una carga de hasta 7,4 kW en sistemas monofásicos y hasta 11 kW en sistemas trifásicos, proporcionando aproximadamente 70 km de autonomía por hora de carga. Además, su conector GBT asegura compatibilidad con una amplia variedad de vehículos eléctricos (CIRCONTROL, 2023).

Figura 10. Wallbox eHome & eHome Link (GBT)



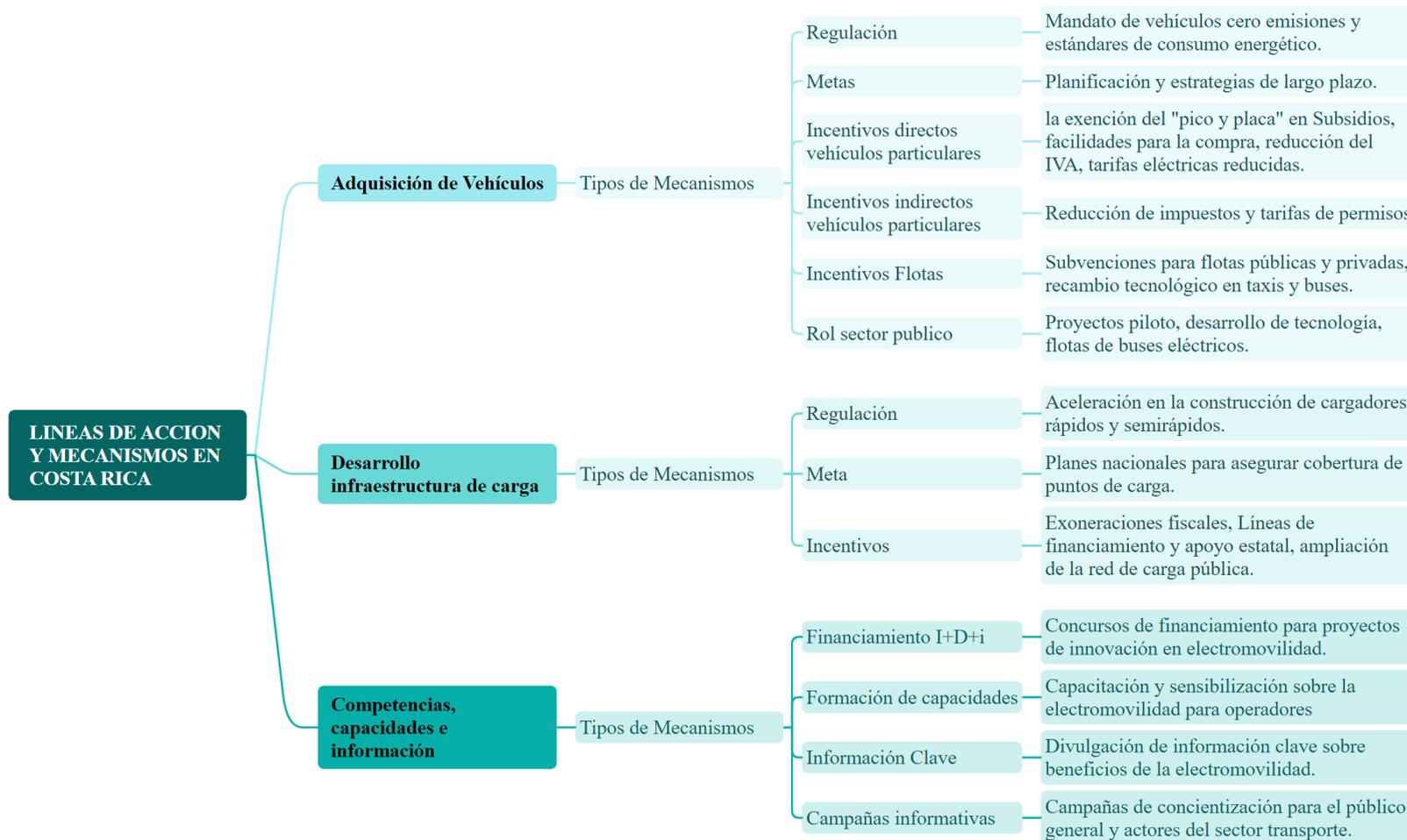
Fuente: (CNFL, 2023).

2.1.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica

Ver Anexo 1

La Figura 11 muestra un resumen de las líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica.

Figura 11. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia

2.2 Colombia

Colombia ha logrado avances significativos en electromovilidad, reduciendo emisiones y promoviendo un transporte más sostenible. El incremento de vehículos eléctricos, tanto privados como públicos, junto con la expansión de la infraestructura de carga en diversas ciudades, refuerzan su transición hacia un sistema más limpio y eficiente. Estas iniciativas están en línea con su meta de alcanzar la carbono neutralidad, fomentando el transporte sostenible y la integración de más vehículos eléctricos (Ministerio de Transporte de Colombia, 2023c).

2.2.1 Fuentes de generación energética en Colombia

En Colombia, la generación hidroeléctrica representa el 67.24% de la capacidad total, gracias a su abundante recurso hídrico proveniente de ríos y embalses. Como respaldo, las plantas termoeléctricas a gas y carbón aportan el 31.46% de la capacidad instalada, especialmente en casos de sequía extrema, como durante el Fenómeno del Niño (BID, 2019; GEM WIKI, 2023).

Aunque la participación de la energía solar y eólica es todavía limitada (menos del 1% en 2020), las condiciones climáticas favorables del Caribe impulsan su desarrollo. Con la transición energética como prioridad gubernamental, se espera que estas fuentes renovables crezcan significativamente, diversificando la matriz energética, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y aumentando la resiliencia frente a eventos climáticos extremos (ATLAS, 2024; El Espectador, 2023).

2.2.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Colombia

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019), busca fomentar la adopción de vehículos eléctricos y tecnologías de bajas emisiones en el sector transporte. Su objetivo principal es transformar el transporte público y privado, impulsando la oferta y demanda de soluciones sostenibles para reducir emisiones y cumplir con los compromisos climáticos internacionales. Además, busca mitigar el impacto ambiental asociado a los desechos.

Visión

Para 2050, la estrategia proyecta un sistema de transporte sin emisiones, alineado con el desarrollo sostenible y la competitividad económica del país.

Objetivos Principales

Los objetivos principales de la estrategia incluyen:

- Fomentar la adopción de vehículo eléctricos en el sector público y privado mediante incentivos financieros, regulatorios y fiscales.
- Desarrollar una infraestructura de carga accesible y eficiente que permita dar soporte al crecimiento de la flota de vehículos eléctricos.
- Apoyar la disminución de emisiones de CO₂ en el sector transporte, uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero en el país.
- Estimular la innovación e inversión en tecnologías limpias que apoyen la electromovilidad y fortalezcan la industria nacional.
- Cumplir con los compromisos internacionales, especialmente los relacionados con los Acuerdos de París y las metas de carbono neutralidad.

Metas

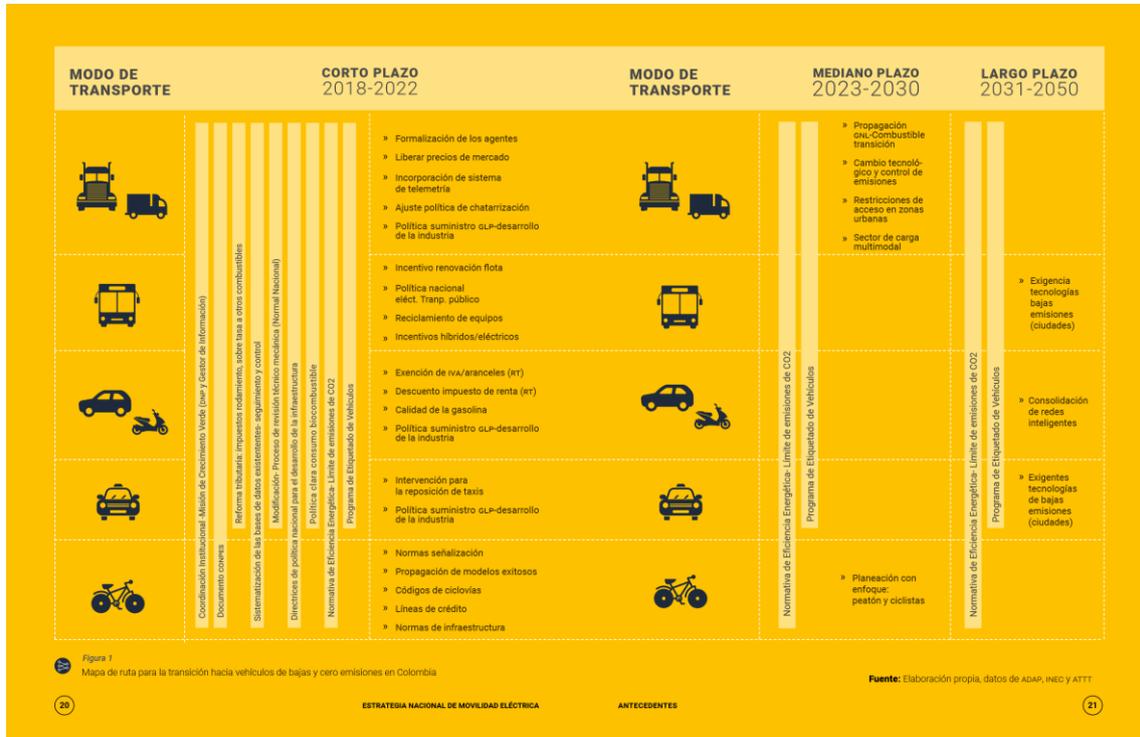
La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica en Colombia establece metas claras para la transformación del sector transporte, dividiendo los objetivos en corto, mediano y largo plazo:

- **Corto plazo (2018-2022):** Promover la inclusión de vehículos eléctricos en transporte público y privado, con proyectos piloto de autobuses y taxis eléctricos en distintas regiones.
- **Mediano plazo (2023-2030):** Alcanzar 600,000 vehículos eléctricos en circulación y lograr que al menos el 10% del transporte público esté electrificado para 2030.
- **Largo plazo (2031-2050):** Asegurar que para 2050 todos los vehículos nuevos vendidos sean eléctricos o de cero emisiones, y electrificar completamente el transporte de carga interurbano para 2040.

Estas metas se asocian con una hoja de ruta como la Figura 12, que establece los plazos de implementación expresados en años para diferentes tipos de transporte desde plazo corto a largo y las acciones táctico estratégicas necesarias para una transición efectiva a

la movilidad eléctrica. La Figura 12 presenta el mapa y los plazos hasta lograrlo, las políticas y los objetivos específicos para cada tipo de transporte.

Figura 12. Mapa de ruta para la transición hacia vehículos de bajas y cero emisiones en Colombia

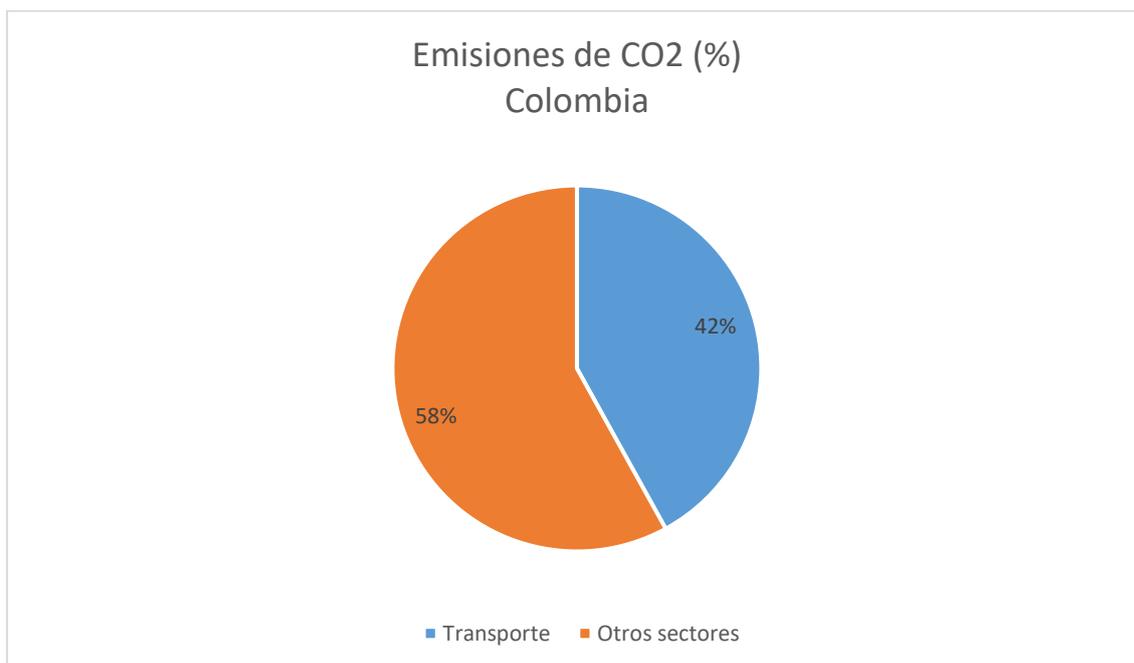


Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

2.2.3 Emisiones de GEI en Colombia

Como se observa en la Figura 13, el sector de transporte automotor de carga TAC contribuye con el 4.61% de las emisiones de CO₂ del país, representando el 42% de las emisiones totales del transporte. Para cumplir con la meta de carbono neutralidad en 2050, es crucial reducir en un 26% las emisiones del sector. En respuesta, Colombia implementó el programa GiroZero, que ha logrado optimizar operaciones y reducir las emisiones de carbono en un 34.82% (Universidad de los Andes, 2024).

Figura 13. Emisiones de CO₂ en Colombia



Fuente: (Universidad de los Andes, 2024).

2.2.4 Carbono neutralidad en Colombia

La Estrategia E2050 busca transformar a Colombia en una economía resiliente al clima, reduciendo las emisiones de GEI en un 51% para 2030 y alcanzando la carbono neutralidad en 2050, en línea con el Acuerdo de París. Se priorizan medidas en sectores clave como energía, transporte, industria y agricultura para garantizar un balance entre oferta y demanda de carbono (Gobierno de Colombia, 2021).

Un eje central es la electrificación del transporte y la industria, responsables de una gran proporción de las emisiones. Esto incluye la construcción de infraestructura para el uso de energías renovables y combustibles alternativos. Además, se proyecta que, para 2050, la demanda eléctrica del país se multiplique por siete en comparación con 2015, lo que exige una transformación profunda de la red energética (Gobierno de Colombia, 2021).

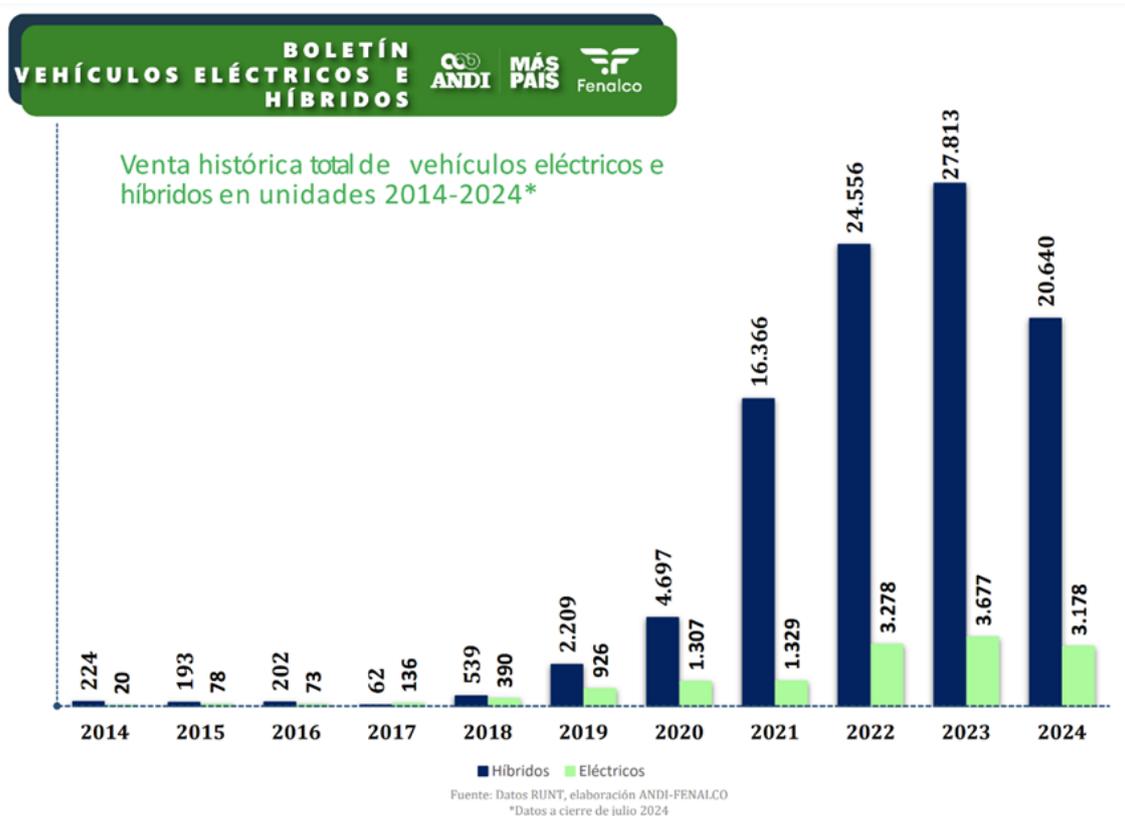
2.2.5 Vehículos eléctricos

La Figura 14 muestra que, en los últimos años, Colombia ha experimentado un aumento significativo en la adquisición de vehículos eléctricos, impulsado por políticas gubernamentales y beneficios fiscales. En 2021, se vendieron 3,278 unidades, marcando un punto histórico para el país. En 2022, las ventas alcanzaron 3,677 unidades,

consolidando esta tendencia, mientras que en 2023 se registraron 3,718 unidades, reflejando una estabilización del mercado y una adopción sostenida de tecnologías limpias (FENALCO, 2024).

En 2024, las ventas durante la primera mitad del año ya suman 3,178 unidades, proyectando que este año podría superar las cifras anteriores. Este crecimiento continuo responde a una mayor disponibilidad de modelos, costos más accesibles de baterías y un compromiso gubernamental con la reducción de emisiones, acompañado de la expansión de estaciones de carga (FENALCO, 2024).

Figura 14. Ventas históricas de vehículos eléctricos en Colombia



Fuente: (FENALCO, 2024).

A continuación, se expondrán los 3 vehículos más vendidos en Colombia en el año 2023:

Zhidou D2S

En la Figura 15, se muestra el Zhidou D2S. Este compacto urbano lideró las ventas con 420 unidades matriculadas en el año (Motor, 2023).

Figura 15. Zhidou D2S



Fuente: (auteco, 2024).

BYD Yuan Plus

En la Figura 16, se muestra el BYD Yuan Plus. Este SUV eléctrico ocupó el segundo lugar con 306 unidades vendidas en 2023 (Autos de Primera, 2023).

Figura 16. BYD Yuan Plus



Fuente:(BYD, 2024a).

BYD Dolphin

Otro modelo de la marca BYD que se muestra en la Figura 17, el Dolphin, registró 246 unidades vendidas, posicionándose en el tercer lugar (Autos de Primera, 2023).

Figura 17. BYD Dolphin



Fuente: (Electric Vehicle Database, 2023a).

2.2.6 Infraestructura de carga en Colombia

En Colombia, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos ha mostrado un crecimiento notable, alcanzando aproximadamente 311 puntos de carga distribuidos en distintas regiones del país (Electromaps, 2023). Este desarrollo en infraestructura se centra en grandes ciudades como Bogotá con 80 puntos, seguido de Medellín con 50 y Cali con 40. Estos concentran la mayoría de los cargadores, facilitando el uso de vehículos eléctricos en áreas urbanas y promoviendo la adopción de la electromovilidad en el país siendo Bogotá el que lidera las estaciones de carga (Electromaps, 2023).

Wallbox Pulsar Plus

Uno de los cargadores más utilizados es el Wallbox Pulsar Plus, así como se muestra en la Figura 18. Este cargador es reconocido por su funcionalidad, accesibilidad y adecuación al contexto colombiano. El Wallbox Pulsar Plus se destaca por su diseño compacto y características avanzadas como la conectividad Wi-Fi, lo que facilita su uso en entornos residenciales y comerciales (La República, 2023).

Figura 18. Wallbox Pulsar Plus

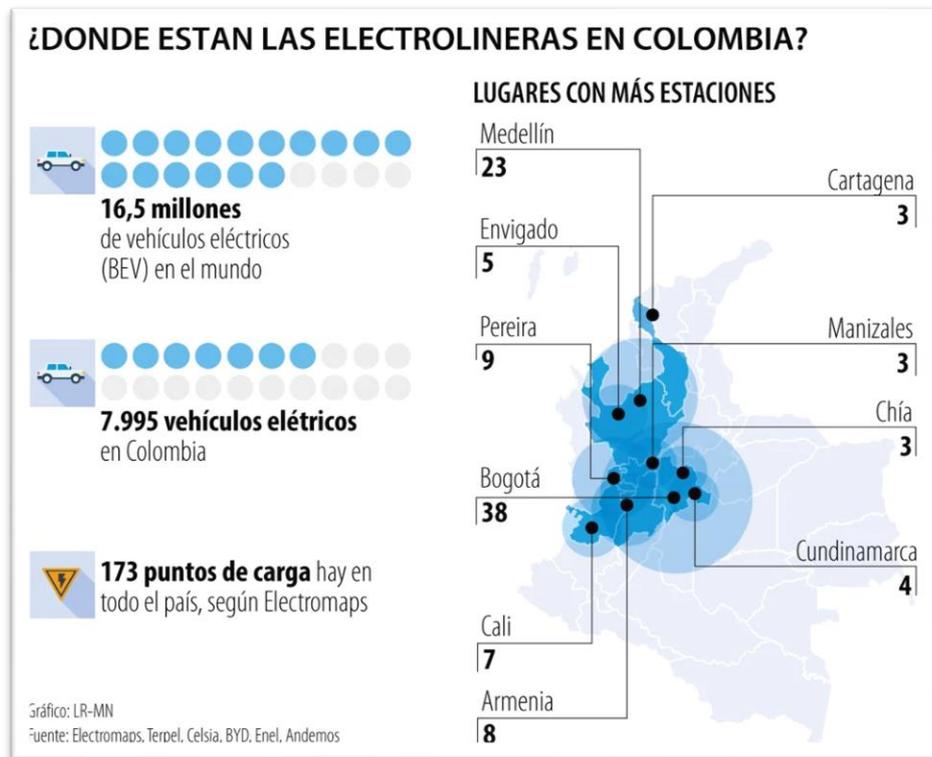


Fuente: (IBERPLUG, 2024).

2.2.6.1 Puntos de carga para autos eléctricos en Colombia

La Figura 19 muestra una representación detallada de la distribución de las electrolineras en Colombia en el año 2023, destacando cómo la infraestructura de carga está concentrada principalmente en ciudades capitales. Según este gráfico, el país cuenta con 173 puntos de carga, con una importante concentración en Bogotá y Medellín. Esto refleja los esfuerzos tanto del sector público como privado para asegurar que las principales ciudades tengan acceso a una red de cargadores eléctricos.

Figura 19. Ubicación de electrolineras en Colombia



Fuente: (Electromaps, 2023).

Actualmente, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos ha mostrado un crecimiento notable, alcanzando aproximadamente 311 puntos de carga distribuidos en distintas regiones del país (Electromaps, 2023).

Retos y oportunidades

A pesar de los avances, Colombia enfrenta un déficit crítico en estaciones de carga, con 7,995 vehículos eléctricos en circulación y un crecimiento acelerado previsto. Es imprescindible ampliar rápidamente la infraestructura de recarga para evitar que su escasez limite la adopción masiva de estos vehículos. (El Carro Colombiano, 2023c). Empresas como Enel X han liderado la instalación de cargadores, con 101 dispositivos y la construcción de seis electroterminales para vehículos de transporte público. Por su parte, Terpel ha instalado 14 puntos de recarga, mientras que Celsia ha implementado 20 estaciones (Xataka, 2023).

Integración de la infraestructura en la estrategia nacional

La ampliación de la infraestructura de carga forma parte de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, orientada a transformar el transporte y reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Para 2030, se aspira a que el 10% del transporte público en las principales ciudades sea eléctrico, meta que depende de una red de estaciones de carga robusta y accesible (Ministerio de Transporte de Colombia, 2023b).

En Colombia, el desarrollo de estaciones de carga y electrolineras es esencial para garantizar el éxito de la movilidad eléctrica. Aunque se han logrado avances, persisten desafíos relacionados con la cobertura insuficiente, especialmente en áreas rurales y corredores interurbanos. Es crucial que el país enfoque sus esfuerzos en aumentar tanto la cantidad como la calidad de la infraestructura, logrando un equilibrio que permita acceso equitativo en todas las regiones.

2.2.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia

Ver Anexo 2

La Figura 20, muestra un resumen de las líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia.

Figura 20. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia



Fuente: Elaboración propia

2.3 Chile

Chile ha destacado en Sudamérica por su compromiso con la electromovilidad, implementando políticas y regulaciones orientadas a reducir las emisiones de CO₂. En los últimos años, el país ha adoptado diversas medidas, incluyendo incentivos gubernamentales y colaboraciones con empresas que respaldan la movilidad eléctrica. La Estrategia Nacional de Electromovilidad, aprobada en 2022, establece metas como que al 2035 el 100% de las ventas de vehículos livianos y medianos sean de cero emisiones, y que al 2040 todo el transporte público urbano sea eléctrico (Ministerio de Energía, 2021). Este capítulo analiza el compromiso de Chile con la movilidad eléctrica, abarcando el marco regulatorio, los incentivos fiscales, los programas de electrificación de flotas de transporte público y las iniciativas de investigación y desarrollo que sustentan esta transición. Asimismo, se examinan los desafíos que enfrenta el país en términos de inversión, infraestructura y educación en electromovilidad, posicionando a Chile como líder en la región en este ámbito.

2.3.1 Fuentes de generación energética en Chile

En Chile, uno de los avances más destacados es el liderazgo en la generación de energías renovables, con un notable crecimiento de la energía solar y eólica en detrimento de las fuentes térmicas. Esto se debe, en gran parte, a las condiciones privilegiadas del país: el norte cuenta con una de las mayores radiaciones solares del mundo en el desierto de Atacama (3.500 KWh/m²) y el sur, específicamente Magallanes, presenta excelentes condiciones de viento. Además, el país impulsa la flexibilidad energética mediante la Ley de Almacenamiento, que facilita la integración de estas fuentes intermitentes. Chile mantiene como meta alcanzar la carbono neutralidad para 2050 (Generadoras de Chile, 2023).

2.3.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Chile

Como se muestra en la Figura 21, el Ministerio de Energía (2021), la Estrategia Nacional de Electromovilidad de Chile busca alcanzar la carbono neutralidad para 2050 mediante la adopción de tecnologías limpias en el transporte. Este plan prioriza la electrificación del transporte público, vehículos livianos, transporte de carga y maquinaria industrial.

Se enfoca en la sustentabilidad a través de la implementación de infraestructura de carga y políticas de promoción de la movilidad eléctrica, con el objetivo de reducir emisiones de gases GEI y fomentar un transporte más limpio.

Figura 21. Estrategia Nacional de Electromovilidad de Chile



Fuente: (Ministerio de Energía, 2021).

La Estrategia Nacional de Electromovilidad de Chile tiene como meta acelerar la transición hacia un transporte sostenible, mejorando la calidad de vida, promoviendo el desarrollo sostenible y cumpliendo compromisos ambientales. Se estructura en cuatro ejes estratégicos: medios de transporte sustentable y financiamiento, infraestructura de carga y regulación, investigación y desarrollo de capital humano, y difusión y articulación de información (Ministerio de Energía, 2021).

Objetivos Específicos:

- Desarrollar y fortalecer la infraestructura de carga para vehículos eléctricos a nivel nacional.
- Fomentar la adopción de vehículos eléctricos en diversos sectores, incluyendo el transporte público y el transporte de carga.

- Implementar políticas de incentivo y normativas que faciliten la transición hacia vehículos de cero emisiones.
- Políticas Públicas Explicadas en la Estrategia

Metas:

Entre las metas más importantes, se espera que para 2035, las ventas sean de vehículos eléctricos, y que el transporte público urbano también logre 100% de nuevas incorporaciones eléctricas. 10% Además, para 2045 se busca que el transporte de carga y los buses interurbanos sean completamente eléctricos. Mientras que, para el 2050 se planea que todo el transporte sea de cero emisiones (Ministerio de Energía, 2021).

Ejes estratégicos:

La estrategia se fundamenta en cuatro pilares:

- **Instrumentos de transporte sostenible y financiación:** Fomenta la adopción de vehículos eléctricos mediante incentivos financieros y políticas gubernamentales.
- **Infraestructura de carga y regulación:** Amplía la red de estaciones de carga, establece tarifas adaptadas a los usuarios e integra la red eléctrica.
- **Investigación y recursos humanos:** Fortalece competencias especializadas, promueve la innovación y facilita el desarrollo de la industria local.
- **Difusión e información:** Divulga información oficial sobre movilidad eléctrica a nivel nacional e internacional.

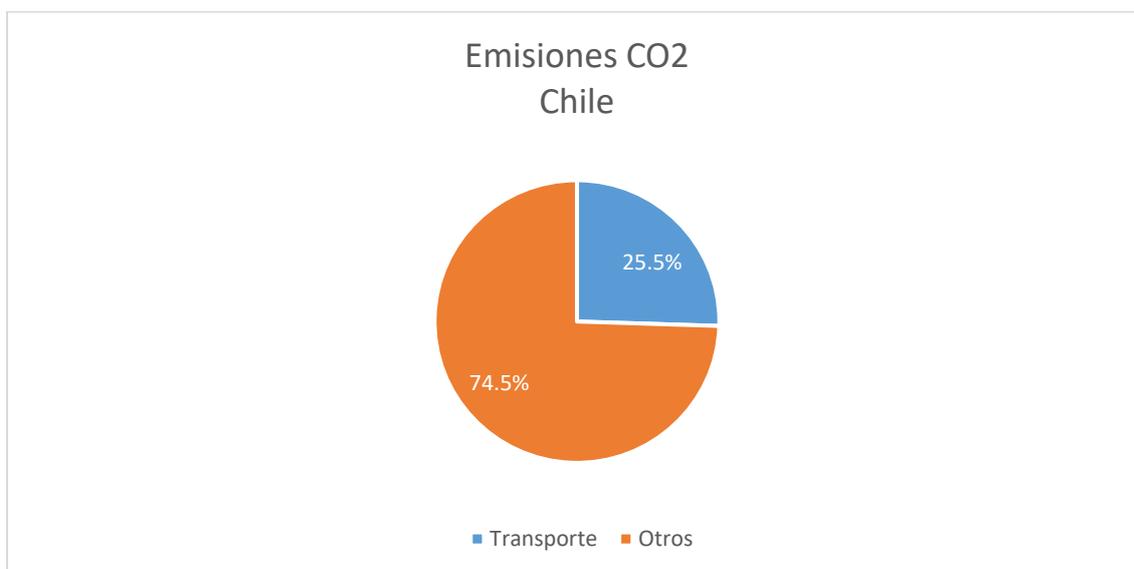
Impacto:

La estrategia busca disminuir la dependencia del petróleo, fortaleciendo la autonomía energética de Chile y reduciendo la contaminación en las principales ciudades. Esto genera beneficios directos en la salud y el bienestar de los habitantes. Además, Chile se posiciona como líder en electromovilidad en Latinoamérica al implementar flotas de autobuses eléctricos en sus principales ciudades y al proyectar la expansión de estos modelos.

2.3.3 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Chile

Como se muestra en la Figura 22, el transporte representa el 25,5% de las emisiones nacionales de GEI en Chile, debido a la alta dependencia de vehículos a gasolina y diésel. Para reducir este impacto, se han implementado planes de compensación, promovido vehículos eléctricos, desarrollado infraestructura de carga y se han establecido incentivos para fomentar la electromovilidad en el país (PORTAL INNOVA, 2022).

Figura 22. Emisiones CO₂ en Chile



Fuente: (PORTAL INNOVA, 2022).

La Figura 22, muestra un gráfico que representa las emisiones de CO₂ en Chile, dividido en dos categorías:

- **Transporte:** Representa el 25.5% del total de las emisiones de CO₂.
- **Otros:** Representa el 74.5% del total de las emisiones de CO₂.

2.3.4 Carbono neutralidad en Chile

Adoptada en 2021, la ECLP busca alcanzar la carbono neutralidad para 2050 mediante 407 medidas enfocadas en sectores como energía, transporte, minería y agricultura. Entre las metas clave destacan el retiro progresivo del 65% de las centrales a carbón para 2025 y su eliminación total antes de 2040, además de que el 80% de la generación eléctrica provenga de fuentes renovables para 2030. Asimismo, se proyecta

que para 2040 el 100% de buses, taxis y colectivos sean de cero emisiones (Gobierno de Chile, 2021).

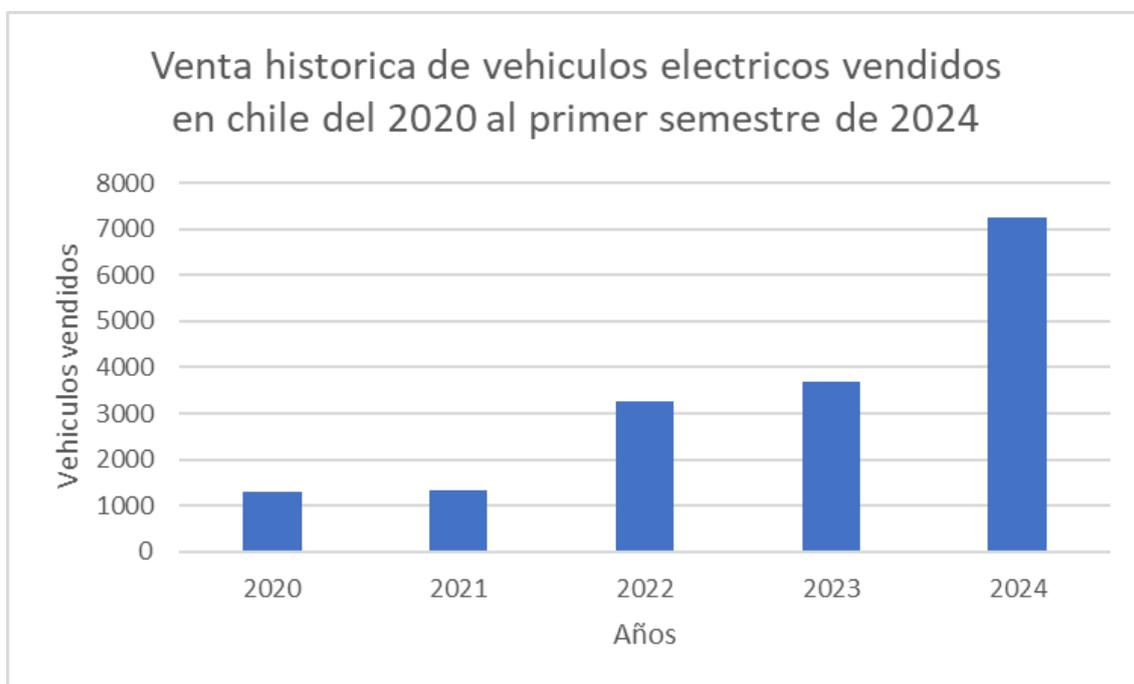
La estrategia asigna un presupuesto de carbono con límites del 29% y 26% para los sectores de energía y transporte, respectivamente, lo que permite un control efectivo de emisiones. Además, el desarrollo del ECLP involucró a más de 4000 personas, asegurando que las necesidades de comunidades vulnerables fueran incluidas para garantizar una transición justa hacia una economía limpia y sin carbono (BioBioChile, 2024; Observatorio del Principio 10, 2021).

2.3.5 Vehículos eléctricos

En los últimos años, Chile ha avanzado considerablemente en la adopción de vehículos eléctricos, impulsado por una combinación de políticas públicas enfocadas en la reducción de emisiones y la promoción de tecnologías limpias. El gobierno ha establecido metas claras dentro de su Estrategia Nacional de Electromovilidad, que busca alcanzar la carbono neutralidad para 2050. Entre los objetivos principales se encuentra la electrificación total del transporte público para 2040 y la transición completa de los vehículos livianos y medianos hacia tecnologías de cero emisiones para 2035 (Ministerio de Energía, 2021). Este crecimiento también ha sido facilitado por el aumento en la infraestructura de carga, que continúa expandiéndose en todo el país, junto con incentivos fiscales que hacen más accesible la adquisición de vehículos eléctricos. Aunque todavía existen desafíos, como la mejora de la red de carga y la inversión en investigación y desarrollo, Chile está posicionándose como un líder en la región en la transición hacia la movilidad sostenible (Ministerio de Energía, 2021).

A continuación, con base en la Figura 23 se muestra la Venta histórica de vehículos eléctricos vendidos en Chile del 2020 al primer semestre del 2024.

Figura 23. Venta histórica de vehículos eléctricos vendidos en Chile del 2020 al primer semestre del 2024



Fuente: (Asociación Nacional Automotriz de Chile, 2024).

Desde 2020 hasta 2024, Chile ha mostrado un crecimiento sostenido en la adopción de vehículos eléctricos:

2020:

A pesar del impacto de la pandemia, se vendieron 1,307 unidades, sentando las bases para un crecimiento gradual gracias a avances en infraestructura y mayor conciencia ambiental (Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), 2023).

2021:

Las ventas crecieron levemente a 1,329 unidades, impulsadas por la Estrategia Nacional de Electromovilidad y el interés por tecnologías más sostenibles, a pesar de los desafíos económicos (Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), 2023).

2022:

Con 3,278 unidades vendidas, el mercado experimentó un salto significativo debido a incentivos fiscales, ampliación de la infraestructura de carga y una mayor oferta de modelos eléctricos (Electromov, 2023).

2023:

Las ventas aumentaron a 3,677 unidades, mostrando una estabilización del mercado, con un compromiso continuo del gobierno y mejoras en infraestructura y accesibilidad (Electromov, 2023).

2024:

En el primer semestre, se registraron 7,268 unidades vendidas, un incremento del 106.4% respecto al mismo periodo de 2023, gracias a promociones comerciales, incentivos gubernamentales y más de 1,200 estaciones de carga instaladas (Asociación Nacional Automotriz de Chile (ANAC), 2024; Electromov, 2023).

En Chile el mercado de vehículos eléctricos ha estado dominado por tres modelos principales que han logrado destacar tanto en ventas como en tecnología. Estos son:

Tesla Model 3

El Tesla Model 3, ilustrado en la Figura 24, se ha consolidado como uno de los vehículos eléctricos más vendidos en Chile. Esto se debe a su combinación de alta autonomía, superior a los 500 kilómetros por carga, tecnología avanzada y la reputación de la marca Tesla. Además, su sistema de conducción autónoma lo convierte en una opción destacada para los usuarios. Desde 2023, Tesla ha incrementado exponencialmente sus ventas, fortaleciendo su posición en el mercado chileno (Autocosmos, 2024; Autofact, 2024).

Figura 24. Tesla Model 3



Fuente: (Car and Driver, 2024)

BYD Dolphin

El BYD Dolphin, como se muestra en la Figura 25, ha sido uno de los más vendidos debido a su precio accesible, con un costo significativamente menor que otras opciones en el mercado, y una autonomía adecuada para el uso urbano. BYD ha logrado captar una porción importante del mercado de vehículos eléctricos en Chile, en parte gracias a la creciente infraestructura de carga y a la accesibilidad del Dolphin (Autofact, 2024; La Tercera, 2024).

Figura 25. BYD Dolphin



Fuente: (Electric Vehicle Database, 2023b).

Renault Kwid E-Tech

Como se observa en la Figura 26, el Renault Kwid E-Tech se ha destacado como uno de los vehículos eléctricos más vendidos en los últimos años. Su enfoque en la movilidad urbana, eficiencia energética y precio competitivo lo convierten en una opción atractiva para los consumidores que buscan accesibilidad sin comprometer calidad ni autonomía. Renault ha consolidado su posición como un competidor clave en el segmento de autos eléctricos compactos, especialmente en áreas urbanas (24 Horas, 2024; Autocosmos, 2024).

Figura 26. Renault Kwid E-Tech



Fuente: (ALMOTORES, 2024).

2.3.6 Infraestructura de carga en Chile

2.3.6.1 Puntos de carga para autos eléctricos en Chile

Según Electromaps (2024), Chile ha avanzado significativamente en la infraestructura de carga para vehículos eléctricos, alineándose con sus metas de sostenibilidad y reducción de emisiones. Actualmente, el país cuenta con 395 puntos de carga distribuidos estratégicamente en estaciones de servicio, centros comerciales y estacionamientos públicos. Este desarrollo, fruto de la colaboración público-privada, facilita la adopción de vehículos eléctricos tanto en áreas urbanas como en viajes interurbanos.

En la Tabla 6 se ilustra que cerca del 50% de los cargadores se concentran en la Región Metropolitana de Santiago, mientras que regiones como Valparaíso, Biobío y Antofagasta muestran un crecimiento sostenido en infraestructura. Las estaciones varían en potencia, desde cargadores de nivel 2 (carga lenta) hasta cargadores rápidos de corriente continua (22 kW a 150 kW). Esta diversidad satisface las necesidades de distintos usuarios y vehículos, fortaleciendo el ecosistema de movilidad sostenible en el país.

Tabla 6. Número de Puntos de Carga por región

Región	Número de Puntos de Carga
Región de Arica y Parinacota	5
Región de Tarapacá	8
Región de Antofagasta	12
Región de Atacama	7
Región de Coquimbo	15
Región de Valparaíso	30
Región Metropolitana	180
Región de O'Higgins	10
Región del Maule	12
Región de Ñuble	6
Región del Biobío	20
Región de La Araucanía	10
Región de Los Ríos	8
Región de Los Lagos	12
Región de Aysén	2
Región de Magallanes	3
Total Nacional	338

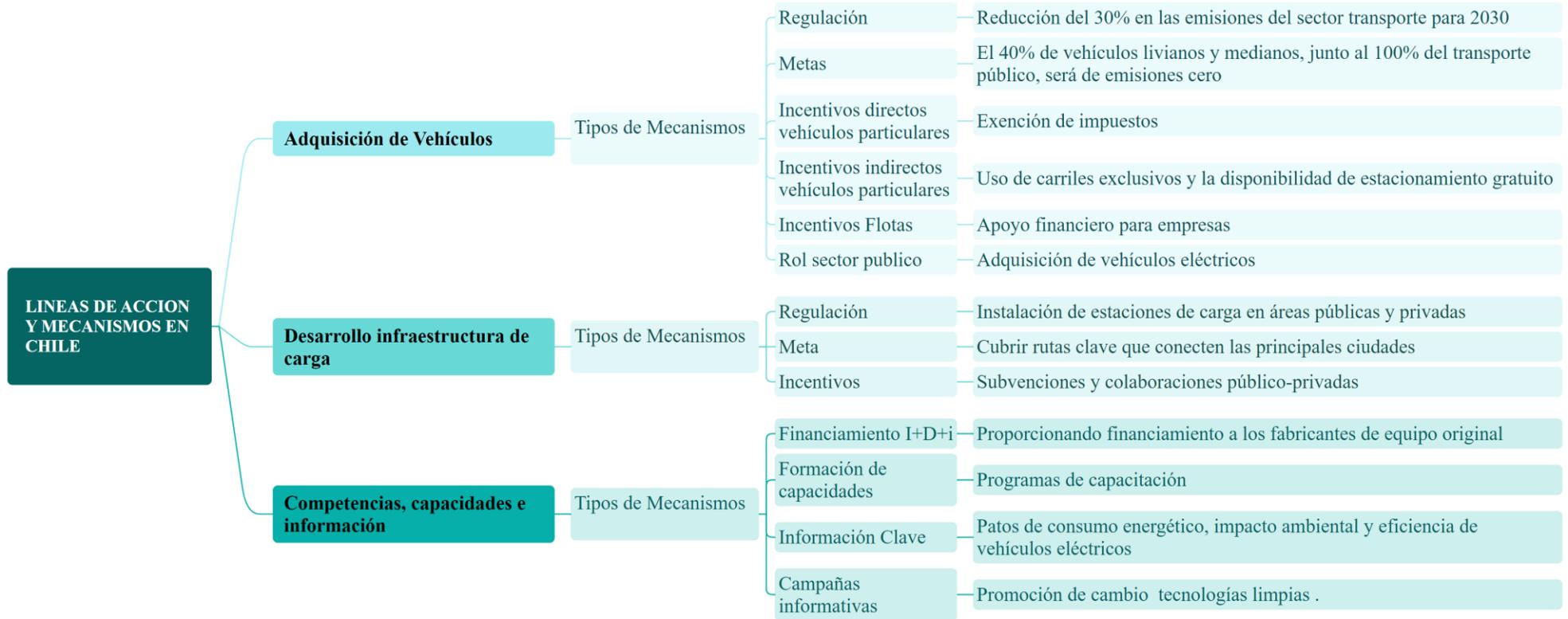
Fuente: Elaboración Propia

2.3.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile

Ver Anexo 3

La Figura 27, muestra un resumen de las líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile.

Figura 27. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile



Fuente: Elaboración propia

2.4 Ecuador

En Ecuador, la electromovilidad se encuentra en una etapa inicial, enfrentando importantes limitaciones en infraestructura de carga y baja penetración de vehículos eléctricos. La ausencia de una red adecuada de estaciones de carga y los altos costos de adquisición han dificultado su adopción (Busworld Latin America, 2023). Además, las características geográficas del país, particularmente en las regiones andinas, plantean retos técnicos para la autonomía y eficiencia de los vehículos eléctricos en terrenos de alta altitud, lo que requiere inversiones adicionales en infraestructura (International Energy Agency (IEA), 2021; MDPI, 2023).

Aunque existen iniciativas de sostenibilidad y proyectos de movilidad eléctrica con participación público-privada, el transporte en Ecuador continúa dependiendo mayoritariamente de combustibles fósiles, lo que genera altas emisiones de CO₂. Analizar los modelos de países de la región que han superado barreras similares puede proporcionar estrategias efectivas para fomentar la electromovilidad y reducir las emisiones nacionales (Climate Champions, 2021).

2.4.1 Fuentes de generación energética en Ecuador

Las energías renovables han impulsado significativamente el crecimiento energético, destacándose la hidroeléctrica, que en el 2023 representa aproximadamente el 70% de la producción total y mantiene su posición como la principal fuente. Este estudio indica la necesidad de un compromiso sostenido hacia la ampliación de las energías renovables, a pesar de que las fuentes no renovables continúan desempeñando un papel fundamental en la matriz energética del país (Elements Group, 2024).

2.4.2 Plan Nacional de Electromovilidad de Ecuador

La Estrategia Nacional de Electromovilidad de Ecuador (ENEM) es una iniciativa que busca orientar y coordinar los esfuerzos para promover la movilidad eléctrica en el país, impulsando la descarbonización del transporte terrestre y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta estrategia fue desarrollada con un enfoque participativo, considerando las necesidades de sostenibilidad ambiental, económica y social de Ecuador (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), 2021).

Visión

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas & Banco Interamericano de Desarrollo (2021), la Estrategia Nacional de Electromovilidad en Ecuador tiene como visión consolidar un sistema de transporte eléctrico robusto, integrando a actores del sector público y privado, con el objetivo de reducir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la calidad del aire en las ciudades ecuatorianas.

Objetivos Principales

Los principales objetivos de la ENEM incluyen el fomento de la electromovilidad mediante políticas que faciliten la adquisición de vehículos eléctricos y el despliegue de infraestructura de carga. Además, se busca promover la creación de capacidades técnicas y educativas para el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura necesaria

Metas

La Estrategia Nacional de Electromovilidad de Ecuador establece metas claras para la adopción de vehículos eléctricos en diferentes horizontes temporales. Estas metas están diseñadas para guiar el crecimiento del parque automotor eléctrico en diversos segmentos, con el objetivo de reducir la dependencia de combustibles fósiles y avanzar hacia la descarbonización del transporte.

- **Corto plazo (2025):** Se espera alcanzar una adopción de 10,000 vehículos eléctricos, distribuidos entre buses públicos, taxis, camiones ligeros de carga y vehículos ligeros.
- **Mediano plazo (2030):** La meta es incrementar a 100,000 vehículos eléctricos en circulación, consolidando la infraestructura de carga y aumentando la penetración de la electromovilidad en el transporte público y comercial.
- **Largo plazo (2040):** Se proyecta que el número de vehículos eléctricos ascienda a 750,000, alcanzando una transición significativa hacia un parque automotor de bajas emisiones en todos los segmentos de transporte.

En la Figura 28 visualiza los porcentajes de adopción esperados para cada tipo de vehículo, desde el corto hasta el largo plazo, ilustrando el crecimiento progresivo de la electromovilidad en el país y su integración en el transporte.

Figura 28. Porcentajes de adopción esperados para cada tipo de vehículo



Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas & Banco Interamericano de Desarrollo, 2021).

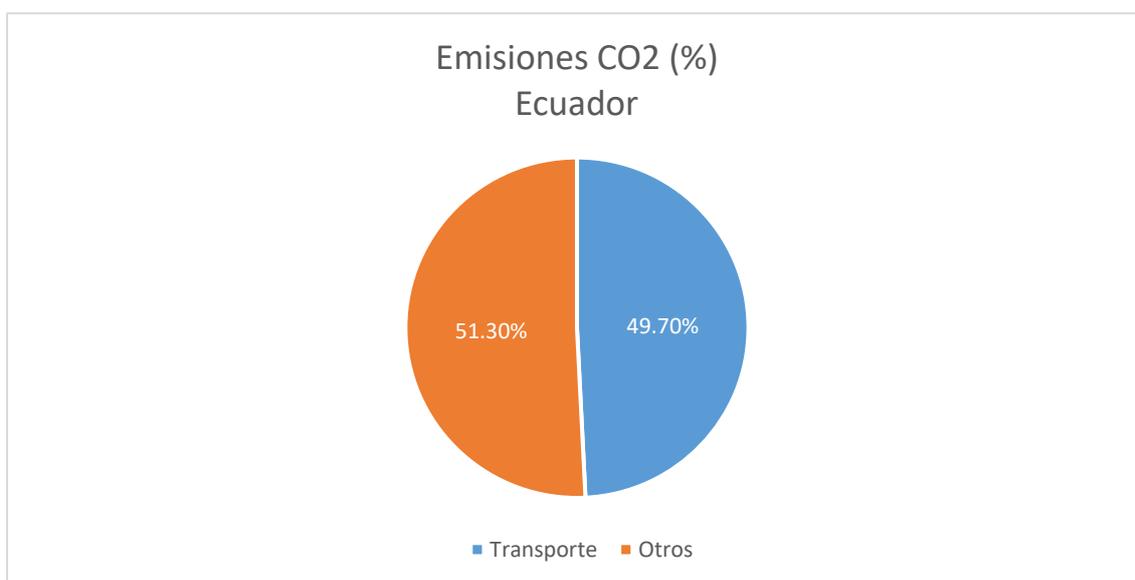
2.4.3 Emisiones de GEI en Ecuador

La adopción de la electromovilidad en Ecuador ofrece beneficios significativos en la reducción de emisiones de CO₂, especialmente dado que el transporte representa casi la mitad de las emisiones totales del país. La transición hacia vehículos eléctricos en lugar de aquellos impulsados por combustibles fósiles permitiría reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de transporte, contribuyendo así a los objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático en el país (El Universo, 2021).

La Figura 29 muestra un gráfico que representa las emisiones de CO₂ en Ecuador, dividido en dos categorías:

- **Transporte:** Representa el 49.7% del total de las emisiones de CO₂.
- **Otros:** Representa el 51.3% del total de las emisiones de CO₂.

Figura 29. Emisiones de CO₂ en el Ecuador



Fuente: (El Universo, 2021).

2.4.4 Carbono neutralidad en Ecuador

Ecuador ha implementado el PECC, liderado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, con el objetivo de medir, reducir y compensar las emisiones de GEI en sectores productivos y de servicios. Este programa busca promover prácticas sostenibles y guiar al sector público y privado hacia una economía baja en carbono, fortaleciendo la sostenibilidad y competitividad del país (Ministerio del Ambiente, 2021b).

El país se ha comprometido a reducir sus emisiones en un 20.9% para 2025 y en un 47.7% para 2030, condicionado a financiamiento y cooperación internacional. A largo plazo, aspira a alcanzar la carbono neutralidad para 2050, posicionándose como referente en sostenibilidad en la región. Estas iniciativas se alinean con programas similares en América Latina, como el Programa País de Carbono Neutral de Costa Rica y Huella Chile,

apoyando los objetivos globales de reducción de emisiones (Ekosnegocios, 2024; Ministerio del Ambiente, 2021b).

2.4.5 Vehículos Eléctricos

Ecuador ha mostrado un creciente interés en la movilidad eléctrica como parte de su estrategia para reducir emisiones de carbono. Mediante incentivos fiscales, como la exención de IVA e ICE en vehículos eléctricos, el país ha promovido su adquisición. Aunque la participación de mercado sigue siendo baja, el interés por esta tecnología está en aumento, alineándose con los objetivos de carbono-neutralidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Primicias, 2024; UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 2024)

A futuro, el país planea expandir la infraestructura de carga eléctrica e integrar sectores público y privado en el uso de vehículos eléctricos. Iniciativas como el programa *SolutionsPlus* en Quito, respaldado por UNEP, buscan reducir emisiones urbanas y fomentar la participación de comunidades locales en esta transición. Estas acciones reflejan la visión de Ecuador hacia un sistema de transporte más limpio y eficiente, con el objetivo de lograr una significativa reducción de emisiones en las próximas décadas (UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 2024).

En Ecuador, durante el año 2023, los tres vehículos eléctricos más vendidos fueron:

Nissan X-Trail

Como se muestra en la Figura 30, se observa el modelo que lideró las ventas de vehículos eléctricos en el país, con 558 unidades comercializadas entre enero y julio de 2023 (Primicias, 2024).

Figura 30. Nissan X-Trail



Fuente: (Revista Autocrash, 2023).

BYD Dolphin

En la *Figura 31*, se muestra el BYD Dolphin, el mismo que se posicionó como el segundo vehículo eléctrico más vendido, con 46 unidades vendidas hasta mayo de 2023 (Fayals, 2023).

Figura 31. BYD Dolphin



Fuente: (Electric Vehicle Database, 2023b).

Audi RS e-Tron GT

En la *Figura 32* se muestra el Audi RS e-Tron GT. Este modelo de Audi ocupó el tercer lugar en ventas, con 49 unidades vendidas hasta mayo de 2023 (Fayals, 2023).

Figura 32. Audi RS e-Tron GT



Fuente: (AutoBild, 2023).

2.4.6 Infraestructura de carga

Empresas como Terpel han impulsado el desarrollo de infraestructura de carga rápida en Ecuador, destacando la electrolinera "Terpel Voltex" en Quito. Esta estación ofrece conectores rápidos Tipo 2, CCS1 y CHAdeMO, permitiendo cargar un vehículo eléctrico en aproximadamente 45 a 50 minutos, una mejora significativa frente a los puntos de carga lenta (Primicias, 2023).

El avance en estas instalaciones ha sido posible gracias al respaldo gubernamental, que incluye incentivos fiscales como la exención del IVA y el ICE para vehículos eléctricos. Sin embargo, para garantizar una adopción más amplia, es esencial expandir la red de carga en zonas rurales y en puntos estratégicos urbanos, fortaleciendo la cobertura a nivel nacional (AUTO Magazine, 2024).

Cargadores de Tipo 2 (Mennekes): Estos cargadores predominan en la mayoría de las estaciones de carga públicas y privadas en Ecuador. Este tipo de conector, mostrado en la Figura 33 es estándar en muchos vehículos eléctricos comercializados en el país, facilitando su adopción generalizada (Mobility Portal, 2023).

Figura 33. Conector de carga Tipo 2 (Mennekes)



Fuente: (LugEnergy, 2024).

Empresas como Álvarez Barba, representante de marcas como Porsche, MINI y BMW, han impulsado la expansión de infraestructura eléctrica, proyectando la instalación de hasta 100 puntos de carga en el país (Motor Terra, 2023).

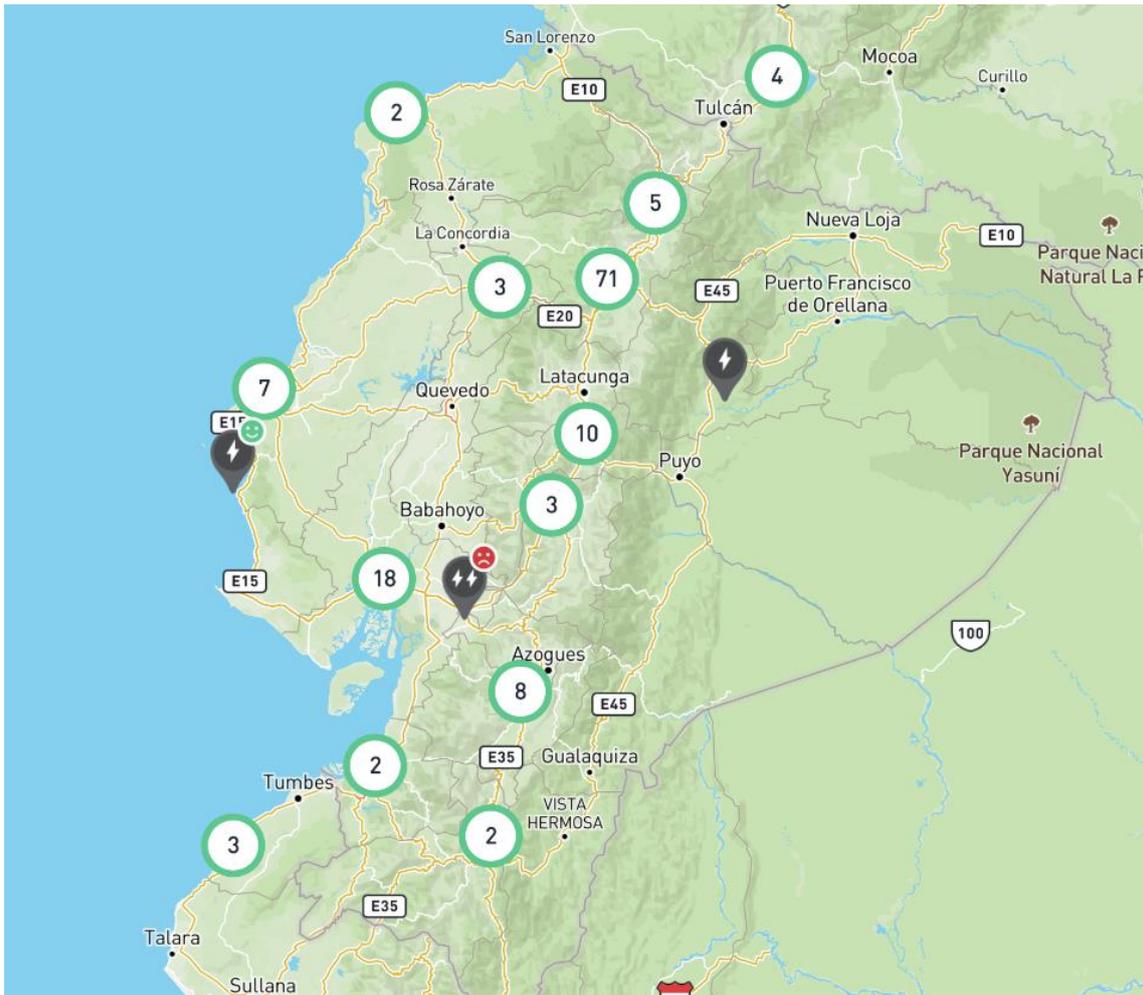
Iniciativas como la electrolinera "Terpel Voltex" en Quito, desarrollada en colaboración con Kia, han fortalecido la disponibilidad de estaciones de carga rápida para los usuarios (Vistazo, 2023).

No obstante, persisten desafíos como la necesidad de ampliar la cobertura en áreas rurales y estandarizar conectores para garantizar un acceso universal y eficiente a la red de carga (El Universo, 2023; Mobility Portal, 2023).

2.4.6.1 Puntos de carga para autos eléctricos en Ecuador

La Figura 34, ilustra que en Ecuador existen aproximadamente 112 estaciones de carga distribuidas en ciudades principales como Quito, Guayaquil y Cuenca, además de otras zonas urbanas. Estas estaciones incluyen tanto puntos de carga rápida como normal, aunque la mayoría todavía ofrece carga lenta, lo que limita la velocidad de recarga y representa un desafío para mejorar la eficiencia y cobertura de la red (Electromaps, 2024).

Figura 34. Estaciones de Carga en el Ecuador



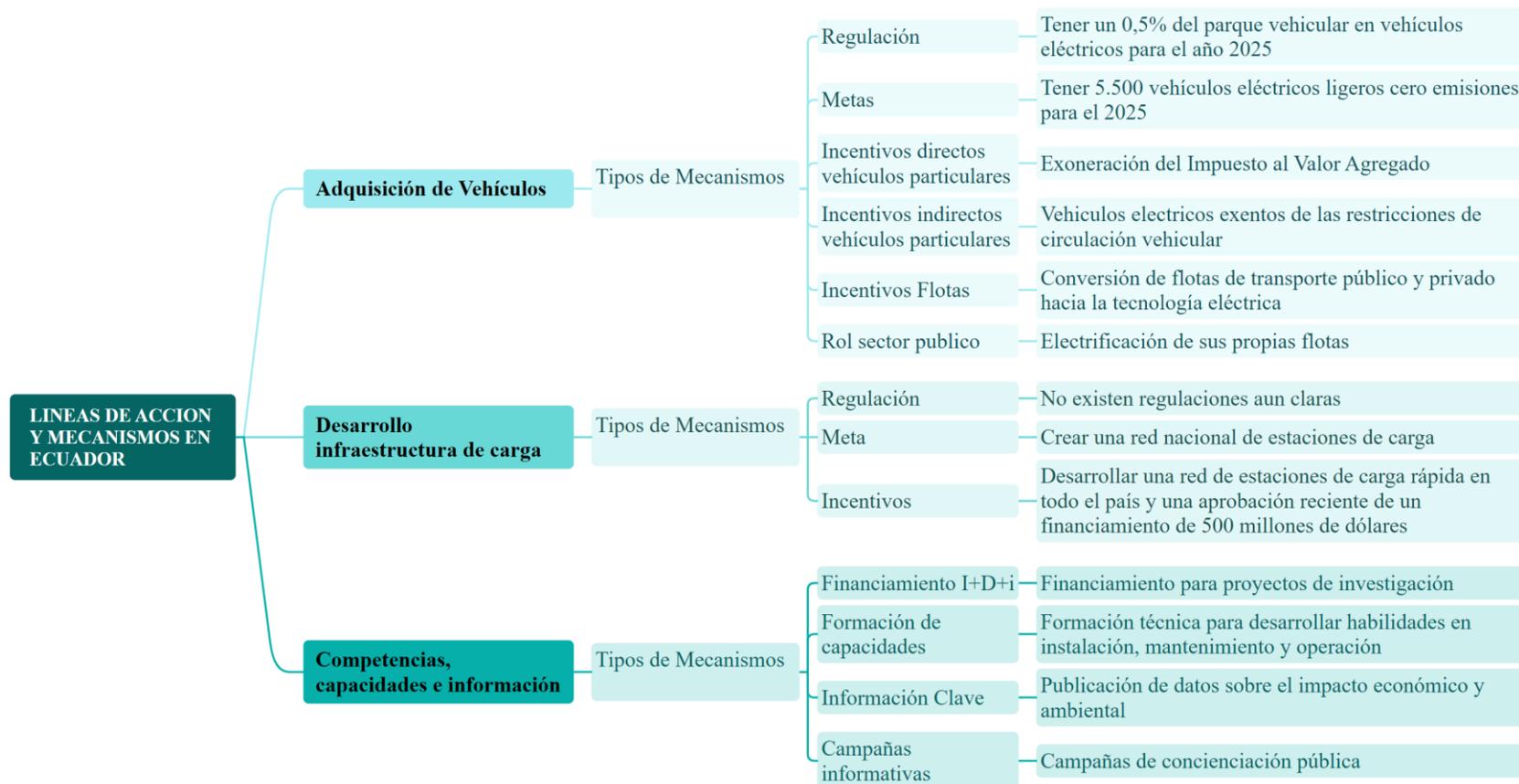
Fuente: (Electromaps, 2024).

2.4.7 Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador

Ver Anexo 4

La Figura 35, muestra un resumen de las líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador.

Figura 35. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador



Fuente: Elaboración Propia.

2.5 Beneficios de la adopción de la electromovilidad

Como se muestra en la Figura 36, Figura 37 y Figura 38. Costa Rica, Colombia y Chile han impulsado la electromovilidad con enfoques innovadores, destacándose en infraestructura, regulaciones y estrategias de descarbonización, sirviendo como ejemplos clave para promover un transporte sostenible en la región.

Figura 36. Beneficios de Costa Rica



Estrategia nacional de Electromovilidad (Metas)

- El Plan Nacional de Electromovilidad de Costa Rica busca transformar el transporte en un modelo sostenible como parte de su estrategia de descarbonización para 2050. Apoyado en su matriz energética renovable, persigue una economía verde alineada con el Acuerdo de París. Con metas a corto, mediano y largo plazo, pretende reducir emisiones del transporte, incrementar el uso de vehículos eléctricos y desarrollar una red robusta de estaciones de carga, fortaleciendo su compromiso con la sostenibilidad y el crecimiento económico.

Fuentes de energía predominantes

Costa Rica genera más del 99% de su electricidad a partir de fuentes renovables, lideradas por la hidroeléctrica, que representa el 70% con proyectos emblemáticos como Cachí y Reventazón. Esto ha reducido su dependencia de combustibles fósiles y promovido la sostenibilidad para su población de cinco millones, con el apoyo de organismos como el BCIE.



Infraestructura de carga

El Plan Nacional de Descarbonización de Costa Rica establece metas para expandir la infraestructura de carga, asegurando cobertura en zonas urbanas y rurales. Este enfoque busca garantizar que la electromovilidad sea accesible para todos los costarricenses, apoyando los objetivos de electrificación del transporte y promoviendo la inclusión en la transición hacia un modelo sostenible.

Vehículos eléctricos

- Incentivos Directos: Subsidios, exoneración del IVA (13%) y tarifas eléctricas reducidas para la carga de vehículos eléctricos.
- Incentivos Indirectos: Reducción en tarifas de permisos de circulación y exención de restricciones vehiculares.



Fuente: Elaboración propia

BENEFICIOS DE COSTA RICA

Figura 37. Beneficios de Colombia



BENEFICIOS DE COLOMBIA

Estrategia nacional de Electromovilidad (Metas)

- Corto plazo (2018-2022): Implementación de estándares de emisiones y programas iniciales de movilidad eléctrica.
- Mediano plazo (2023-2030): Expansión de infraestructura, incentivos económicos y campañas de concienciación.
- Largo plazo (2031-2050): Transición completa a flotas cero emisiones y desarrollo de modelos integrados de gestión energética.

Infraestructura de carga

Enel X ha impulsado la infraestructura de recarga en Colombia con más de 204 puntos en ciudades clave y su modelo Charging as a Service, que permite a empresas instalar estaciones sin inversión inicial. Actualmente, el país cuenta con 480 puntos de carga, aunque se necesitan al menos 800 para cubrir la demanda. El cargador más utilizado es el Wallbox Pulsar Plus, destacado por su diseño compacto y conectividad Wi-Fi, ideal para hogares y empresas.

Fuentes de energía predominantes

Colombia se beneficia de su matriz energética predominantemente renovable, con un 67.24% de capacidad hidroeléctrica que reduce emisiones y fomenta sostenibilidad. La diversificación con energías solar y eólica mejora la resiliencia climática, impulsa el desarrollo económico local y reduce la dependencia de combustibles fósiles, fortaleciendo la seguridad energética y la transición hacia energías limpias.

Vehículos eléctricos

- Incentivos directos: Exención del 19% del IVA, reducción del impuesto vehicular a menos del 1% y descuento del 10% en el SOAT.
- Incentivos indirectos: Exención de Pico y Placa, acceso a estacionamientos preferenciales o gratuitos y exoneración de peajes en algunas vías.

Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Beneficios de Chile



BENEFICIOS DE CHILE

Estrategia nacional de Electromovilidad (Metas)

- Corto plazo (hasta 2030): Incrementar la cantidad de vehículos eléctricos en transporte público y privado, ampliar la infraestructura de carga y establecer normativas para tecnologías sin emisiones.
- Mediano plazo (hasta 2035): Lograr que el 100% de los nuevos vehículos de transporte público y las ventas de vehículos livianos y medianos sean de cero emisiones, además de incorporar maquinaria industrial de cero emisiones.
- Largo plazo (2040-2050): Garantizar que toda la maquinaria agrícola y forestal sea de cero emisiones para 2040 y alcanzar la carbono neutralidad en 2050 mediante tecnologías limpias y eléctricas.

Infraestructura de carga

Chile ha avanzado significativamente en infraestructura de carga eléctrica, con una alta concentración de cargadores en áreas urbanas como Santiago y Valparaíso. La instalación de electroterminales, especialmente en la Región Metropolitana, respalda el crecimiento de los buses eléctricos y facilita la adopción de vehículos eléctricos, asegurando una infraestructura adecuada para consumidores y flotas de transporte público.

Fuentes de energía predominantes

En Chile destaca el rápido crecimiento de la energía solar y eólica en Chile, que han desplazado a las fuentes térmicas y lideran la generación de energía renovable en el país.



Vehículos eléctricos

- Incentivos directos: Exención del 19% del IVA, reducción del impuesto vehicular a menos del 1% y descuento del 10% en el SOAT.
- Incentivos indirectos: Exención de Pico y Placa, acceso a estacionamientos preferenciales o gratuitos y exoneración de peajes en algunas carreteras, facilitando la movilidad y reduciendo costos.



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3: Costo Total de Propiedad (TCO) de países intermedios, enfocándose en infraestructura de carga y baterías.

El TCO es una métrica que permite calcular todos los gastos asociados a la adquisición, mantenimiento y uso de un vehículo a lo largo de su vida útil. Esta herramienta es fundamental para entender la viabilidad económica y la competitividad de la electromovilidad en cada contexto específico (idoneo, 2022).

En este capítulo, se analizará el TCO de los vehículos eléctricos en cuatro países de América Latina: Chile, Colombia, Costa Rica y Ecuador.

Para calcular el TCO, se empleó la fórmula mostrada en la Ecuación 1, la cual integra los costos de adquisición y financiamiento, los costos de operación y el valor de reventa. Esta metodología permite obtener un valor de TCO por kilómetro recorrido. Además, se incluye información sobre las baterías de vehículos eléctricos más comunes en cada país, considerando detalles como: Mantenimiento y vida útil, impacto del IVA en el costo de las baterías y perspectivas futuras (idoneo, 2022).

Concluyendo así con la revisión de los costos de adquisición del cargador más utilizado en cada país, junto con el precio de su mantenimiento.

Ecuación 1. Fórmula para calcular el TCO

$$TCO = \frac{\text{Coste de adquisición} + \frac{\text{Intereses}}{\text{Costes de financiación}} + \text{Costes de funcionamiento} - \text{Coste de reventa}}{\text{Kilometraje Total (u horas de motor) del vehículo}}$$

Fuente: (idoneo, 2022).

En la Ecuación 1, se muestra:

Coste de adquisición del vehículo: Este análisis incluye la evaluación de los modelos de vehículos eléctricos más vendidos en 2023 en cada país, ya que estos representan opciones populares y accesibles para los usuarios en sus respectivos mercados.

Intereses del vehículo: Son los costos adicionales que un comprador paga al financiar la adquisición de un automóvil a través de un préstamo (intuit creditkarma, 2022). Los porcentajes de interés varían dependiendo del país.

Según (raisin, 2024, para obtener el total de intereses, tomando en cuenta lo siguiente:

- **Monto Financiado:** Valor Total del monto.
- **Tasa de interés:** Interés definido por la entidad que realiza el préstamo.
- **Periodo:** Tiempo en el que se completa el pago total del préstamo.

La Ecuación 2 define los Intereses totales, de la siguiente manera:

Ecuación 2. Ecuación de interés simple

$$\text{Intereses totales} = \text{Monto financiado} \times \text{Tasa de interés} \times \text{Período}$$

Fuente (raisin, 2024).

Coste de financiación del vehículo: El coste de financiación hace referencia al monto adicional que se paga en concepto de intereses al solicitar un préstamo para la adquisición del vehículo (economipedia, 2020).

Kilometraje Total del vehículo: Asumiendo que, en un año, el vehículo recorre 15,000 Km (idoneo, 2022). Se obtiene un recorrido Total en 5 años de 75,000 Km.

$$\text{Kilometraje Total del vehículo (5 años)} = 15,000 \text{ Km} \times 5 \text{ años} = 75,000 \text{ Km}$$

Coste de funcionamiento del vehículo: El costo de funcionamiento de un vehículo eléctrico se refiere a todos los gastos que se realicen en el vehículo, para este análisis se consideró el Costo de Mantenimiento, Costo del Seguro del vehículo y el Costo de la Energía (SAFE LEMON, 2024a). Todo esto en un periodo de 5 años.

- **Costo de Mantenimiento:** Se refiere al valor que tiene el mantenimiento de un vehículo eléctrico durante el año. Este dependerá del país y del modelo del vehículo (Edenred, 2024).
- **Costo del Seguro del vehículo:** El costo del seguro de un vehículo eléctrico varía según múltiples factores, incluyendo el modelo del vehículo, su valor de mercado y el país de donde se adquiera el seguro (Rastreador, 2024).

- **Costo de la Energía:** Cada país cuenta con un costo de energía distinto, este valor dependerá de cada nación (E&N, 2023).

La Ecuación 3 representa el cálculo del consumo total de energía en un vehículo eléctrico. Donde tomamos el Kilometraje asumido (15,000 Km) y se asume un consumo promedio de 15 kWh por cada 100 km (El Motor, 2022).

Ecuación 3. Consumo anual de Energía de un Vehículo Eléctrico

$$\text{Consumo Total de energía} = \text{Recorrido total} \times \frac{\text{Costo de electricidad}}{100 \text{ Km}}$$

Fuente: (El Motor, 2022).

La Ecuación 4 muestra las consideraciones mencionadas para la obtención del Coste de funcionamiento.

Ecuación 4. Coste de funcionamiento

$$\text{Costes de funcionamiento} = \text{Mantenimiento} + \text{Energía} + \text{Seguro}$$

Coste de reventa del vehículo: El costo de reventa de un vehículo se refiere al valor que se obtiene al vender un automóvil después de haber sido utilizado. Este valor depende de diversos factores, como la marca, el modelo, la antigüedad, el kilometraje, el estado general y las condiciones del mercado en el momento de la venta (Financionario, 2024). Entender el costo de reventa es esencial para evaluar la depreciación del vehículo y su impacto en el TCO.

Estos enfoques permitirán identificar tanto los beneficios como las barreras financieras de la adopción de vehículos eléctricos, así como la importancia de una infraestructura de carga eficiente y accesible. Asimismo, analizar el TCO en diferentes contextos nacionales contribuirá a entender mejor las condiciones y necesidades específicas de cada país para lograr una transición efectiva hacia la movilidad eléctrica.

3.1 Costa Rica:

El análisis del TCO de los vehículos eléctricos en Costa Rica es fundamental para evaluar su viabilidad económica. El TCO abarca no solo el precio de adquisición, sino también costos de mantenimiento, consumo de energía, depreciación y valor de reventa (idoneo, 2022). Para fomentar la adopción de vehículos eléctricos, Costa Rica ha implementado incentivos fiscales significativos, como la exoneración del 100% de impuestos para vehículos eléctricos con un valor hasta \$30,000, según la Ley N°9518 (Ice & Muñoz Castillo Bernal, 2018).

Estos incentivos han reducido el TCO, haciendo que la movilidad eléctrica sea una opción más atractiva para los ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad.

La infraestructura de carga en Costa Rica ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, mejorando la accesibilidad para los usuarios de vehículos eléctricos. Según datos de Electromaps, en 2024 el país cuenta con 423 puntos de recarga (Electromaps, 2024).

Esta expansión facilita la adopción de vehículos eléctricos y reduce la dependencia de combustibles fósiles (MINAE, 2019).

En cuanto a las baterías, la mayoría de los vehículos eléctricos en Costa Rica utilizan baterías de iones de litio, reconocidas por su eficiencia y durabilidad (El Observador, 2023).

3.1.1 Baterías:

En Costa Rica, la batería de iones de litio es la más comúnmente utilizada en los vehículos eléctricos. Esta tecnología ha ganado popularidad debido a su alta densidad energética, lo que permite una mayor autonomía en comparación con baterías tradicionales, y su durabilidad, con una vida útil promedio de 8 años o 150,000 kilómetros, dependiendo de los hábitos de carga y las condiciones de uso (La República, 2024a).

3.1.1.1 Mantenimiento y Vida Útil

Las baterías de iones de litio utilizadas en automóviles eléctricos modernos en Costa Rica son altamente eficientes y, en general, no requieren mantenimiento específico. Estas baterías tienen ventajas como una alta densidad de energía, bajo peso, tamaño

compacto y mayor capacidad de retención de carga en comparación con otras tecnologías (Segura Navarro Minor, 2018).

3.1.1.2 Impacto del IVA en el Costo de las Baterías

Según la Figura 11, la Ley N°9518 de Costa Rica exime el IVA a los vehículos eléctricos y sus componentes, incluidas las baterías. Esta exoneración reduce significativamente el costo inicial de propiedad de los vehículos eléctricos, facilitando la adopción de esta tecnología.

3.1.1.3 Perspectivas Futuras

Según la Figura 11, con el avance de la tecnología y el aumento de la producción global, se espera que los costos de las baterías de iones de litio continúen disminuyendo, lo cual beneficiará a los consumidores en términos de costos (El Periódico de la Energía, 2023). En Costa Rica, una posible expansión de la investigación en nuevas tecnologías, como las baterías de estado sólido, podría llevar a una mayor eficiencia y autonomía de los vehículos eléctricos.

3.1.2 Vehículos Eléctricos

Según la Figura 11, en Costa Rica, el mercado de vehículos eléctricos ha crecido significativamente en los últimos años, impulsado por incentivos gubernamentales y un compromiso nacional con la sostenibilidad y la descarbonización. La Ley N°9518, que exime a los vehículos eléctricos de varios impuestos, ha sido un factor clave para hacer más accesibles estos vehículos y fomentar su adopción en el país.

3.1.2.1 Análisis del TCO de vehículos eléctricos

El BYD S1 Pro ha sido el vehículo eléctrico más vendido en Costa Rica en 2023, posicionándose como una opción popular entre los usuarios gracias a su combinación de accesibilidad, rendimiento y autonomía. Este modelo, fabricado por la compañía china BYD, ha demostrado ser una elección adecuada para el mercado costarricense, respondiendo a las necesidades de movilidad sostenible en el país (AleTech, 2024). Además, se realizó un análisis detallado TCO del BYD S1 Pro, el cual mostró que este

modelo ofrece costos de operación y mantenimiento más bajos en comparación con vehículos de combustión interna (BYD, 2024b). Según la Figura 11, gracias a los incentivos fiscales y a la infraestructura de carga disponible en Costa Rica. Este análisis reafirma la viabilidad del BYD S1 Pro como una inversión eficiente para aquellos que buscan adoptar la movilidad eléctrica en el país.

3.1.2.2 Costo de adquisición

En 2023, el precio de venta del BYD S1 Pro en Costa Rica fue de aproximadamente \$29,990 USD (AleTech, 2023a).

3.1.2.3 Intereses

Asumiendo un financiamiento del 100% del vehículo a una tasa de interés anual del 8% durante 5 años (Banco Promerica, 2023), los intereses totales se calculan de la siguiente manera:

Monto financiado: \$29,990 USD

Tasa de interés anual: 8%

Período: 5 años

Utilizando la Ecuación 2:

$$\text{Intereses totales} = \$29,990 \times 0.08 \times 5 = \$11,996$$

3.1.2.4 Coste de financiación

El coste de financiación corresponde a los intereses totales pagados durante el período del préstamo, que en este caso es de \$11,996 USD.

3.1.2.5 Costes de funcionamiento

Mantenimiento: Los vehículos eléctricos suelen tener costos de mantenimiento más bajos que los de combustión interna (El Economista, 2022). Se consideró un costo anual de \$300 USD, totalizando \$1,500 USD en 5 años.

Seguro: El costo anual del seguro para el BYD S1 Pro se consideró en \$1,200 USD ya que los costos en las aseguradoras de Costa Rica varían en esos valores dependiendo del modelo (aló seguro, 2024), resultando en \$6,000 USD durante 5 años.

Energía: Asumiendo un consumo promedio de 15 kWh por cada 100 km (El Motor, 2022), y un recorrido anual de 15,000 km, Utilizamos la Ecuación 3, para obtener el consumo total de energía en 5 años:

$$\text{Consumo Total de energía} = 15,000 \times \frac{15 \text{ kWh}}{100 \text{ Km}} = 2,250 \text{ kWh}$$

El costo de electricidad en Costa Rica es de \$0.243 USD por kWh (Global Petrol Prices, 2024). Por lo tanto, el cálculo es:

$$\text{Costo anual de energía} = 2,250 \text{ kWh} \times \$0.243 = \$546.75$$

$$\text{Costo de energía (5 años)} = \$546.75 \times 5 = \$2,733.75$$

Por lo que según la Ecuación 4, el Costo de Funcionamiento de un vehículo eléctrico en 5 años, es de:

$$\text{Costes de funcionamiento} = 1,500 + 2,733.75 + 6,000 = \$10,233.75$$

3.1.2.6 Coste de reventa

Se estima que, después de 5 años, el BYD S1 Pro retendría aproximadamente el 50% de su valor original (La Tercera, 2023), es decir, alrededor de \$14,995 USD.

3.1.2.7 Kilometraje total

Asumiendo un uso anual de 15,000 km, el kilometraje total en 5 años sería de 75,000 km.

3.1.3 Cálculo del TCO

Utilizando la Ecuación 1. Se tiene que:

$$TCO = \frac{29,990 + \frac{11,996}{11,996} + 10,233.75 - 14,995}{75,000} = 0.336 \frac{USD}{Km}$$

El análisis del TCO para el BYD S1 Pro en Costa Rica, utilizando los datos específicos de adquisición, financiamiento, funcionamiento y valor de reventa, ha arrojado un resultado de 0.336 USD por kilómetro. Este valor indica que, en el contexto costarricense, el BYD S1 Pro representa una opción económicamente viable para los usuarios interesados en la movilidad eléctrica. Gracias a sus menores costos de operación y mantenimiento, sumados a los incentivos fiscales y la creciente infraestructura de carga en el país, el TCO de este modelo es competitivo frente a los vehículos de combustión interna, apoyando los objetivos de sostenibilidad y reducción de emisiones de Costa Rica.

3.1.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Costa Rica

El Wallbox eHome & eHome Link (GBT) es un cargador doméstico diseñado específicamente para usuarios de vehículos eléctricos. Este dispositivo ofrece un diseño compacto y resistente, fabricado con plástico ABS autoextinguible, lo que permite su instalación tanto en interiores como en exteriores (CIRCONTROL, 2023).

El Wallbox eHome (GBT) está disponible en Costa Rica a través de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) por \$533,30 USD. La CNFL también ofrece facilidades de pago mediante la factura del servicio eléctrico, lo que brinda opciones accesibles para los usuarios interesados en adquirir este cargador. Este modelo se encuentra entre los más de 10 tipos de cargadores que la CNFL ofrece en su catálogo, con asesoría disponible para los interesados (Compañía Nacional de Fuerza y Luz, 2023).

3.1.4.1 Mantenimiento

El mantenimiento del cargador Wallbox eHome (GBT) es mínimo debido a su diseño robusto y su adecuación para uso residencial regular. Esto reduce la necesidad de intervenciones frecuentes. Sin embargo, se recomienda realizar una revisión anual para asegurar el funcionamiento óptimo de sus componentes eléctricos (Enel X, 2023).

3.2 Colombia:

En Colombia, el TCO de los vehículos eléctricos presenta tanto avances como desafíos. El precio inicial de estos vehículos es generalmente más alto que el de los de combustión interna, aunque se han implementado incentivos gubernamentales, como exenciones de impuestos y beneficios en circulación, para reducir esta brecha (El Colombiano, 2023). Sin embargo, estos incentivos aún no logran equiparar completamente el TCO de los vehículos eléctricos con los de combustión interna.

La infraestructura de carga ha experimentado un crecimiento notable en ciudades principales como Bogotá y Medellín, que cuentan con redes crecientes de estaciones de carga (El Carro Colombiano, 2023d). No obstante, la cobertura sigue siendo insuficiente en áreas rurales y regiones menos urbanizadas, lo que afecta tanto la conveniencia como los costos operativos de los usuarios de vehículos eléctricos. Por otro lado, las baterías continúan representando una porción significativa del TCO, con costos de adquisición y reemplazo aún elevados. Aunque el precio de las baterías ha comenzado a disminuir a nivel global, en Colombia los avances han sido lentos, lo que sigue siendo un obstáculo económico importante.

En los siguientes apartados, se expondrá en mayor detalle el estado actual del TCO en Colombia, desglosando el impacto específico de las baterías, los vehículos eléctricos y la infraestructura de carga. Este análisis permitirá identificar las áreas clave de mejora y las oportunidades para optimizar la transición hacia un sistema de transporte más sostenible en el Ecuador.

3.2.1 Baterías:

En Colombia, el mercado de baterías para vehículos eléctricos está en crecimiento, impulsado por la transición hacia la movilidad eléctrica. Las baterías de iones de litio son las predominantes debido a su alta densidad energética y durabilidad. Sin embargo, el costo de las baterías sigue siendo elevado, con precios promedio que varían entre \$5,000 y \$15,000 USD, lo cual representa un desafío para la adopción masiva de esta tecnología (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2023; Andemos, 2023). Marcas como BYD y LG Chem tienen una presencia destacada, ofreciendo soluciones que optimizan la autonomía y eficiencia de los vehículos eléctricos en el país (BloombergNEF, 2023).

3.2.1.1 Mantenimiento y Vida Útil

Las baterías de iones de litio, las más comunes en vehículos eléctricos, requieren un mantenimiento mínimo en comparación con los motores de combustión interna. No obstante, es esencial monitorear parámetros como la temperatura y los ciclos de carga para optimizar su rendimiento y prolongar su vida útil. En condiciones normales, estas baterías tienen una vida útil promedio de 8 a 10 años o entre 150,000 y 200,000 kilómetros, dependiendo de factores como los hábitos de carga y las condiciones climáticas (En+ Tech, 2023).

3.2.1.2 Impacto del IVA en el Costo de las Baterías

En Colombia, los vehículos eléctricos están sujetos a un IVA reducido del 5%, en contraste con el 19% aplicado a los vehículos de combustión interna (El Carro Colombiano, 2023b). Este beneficio fiscal también se extiende a las baterías y componentes asociados, lo que ayuda a disminuir el TCO. Sin embargo, a pesar de este incentivo, el costo inicial de las baterías sigue siendo elevado, y el impacto del IVA reducido no es suficiente para equiparar el TCO de los vehículos eléctricos con el de los vehículos tradicionales.

3.2.1.3 Perspectivas Futuras

Se espera que, con el avance de la tecnología y el aumento de la producción a escala global, los costos de las baterías continúen disminuyendo, lo que podría reducir el TCO de los vehículos eléctricos en Colombia. Además, la implementación de políticas gubernamentales que fomenten la producción local de baterías y la expansión de la infraestructura de carga podrían contribuir a una adopción más amplia de la electromovilidad en el país. Aunque el costo de las baterías ha disminuido a nivel global, en Colombia el TCO de los vehículos eléctricos sigue siendo elevado debido al alto precio de las baterías. Para mejorar esta situación, es esencial continuar con políticas que incentiven la reducción de costos y promuevan la adopción de tecnologías más sostenibles.

3.2.2 Vehículos Eléctricos

La adopción de vehículos eléctricos en Colombia, que incluye automóviles, buses y otros medios de transporte, ha crecido en los últimos años gracias a incentivos gubernamentales y un mayor enfoque en la sostenibilidad ambiental (El Carro Colombiano, 2023d). No obstante, el TCO sigue siendo un factor clave que influye en la decisión de compra. Este costo no solo contempla el precio inicial más alto de los vehículos eléctricos en comparación con los de combustión interna, sino también gastos como mantenimiento, consumo energético y depreciación.

En términos de operación, los vehículos eléctricos ofrecen ventajas significativas: los costos de mantenimiento son considerablemente más bajos debido a la ausencia de piezas móviles complejas y la eliminación de servicios rutinarios como cambios de aceite (En+ Tech, 2023). Además, el consumo energético es más económico, ya que la electricidad tiene un costo mucho menor que los combustibles fósiles, generando ahorros a lo largo del tiempo. Por otro lado, se aplican beneficios fiscales importantes, como la reducción del IVA al 5% del 19% y exenciones en impuestos de rodamiento, lo que contribuye a mejorar el TCO de estos vehículos (El Carro Colombiano, 2023b).

3.2.2.1 Análisis del TCO de vehículos eléctricos

Para el análisis del TCO de los vehículos eléctricos en Colombia, el Zhidou D2S ha sido seleccionado como modelo de referencia, ya que se posicionó como el vehículo eléctrico más vendido en el país en 2023. Este es popular por su precio accesible dentro del mercado de vehículos eléctricos (El Carro Colombiano, 2023e).

A continuación, se desglosarán los datos necesarios para el cálculo del TCO de este modelo. Este desglose proporcionará una base sólida para comprender los costos asociados con el uso del Zhidou D2S en el contexto colombiano.

3.2.2.2 Costo de adquisición

El precio de adquisición del Zhidou D2S en Colombia es de aproximadamente \$15,000 USD, basado en las conversiones de mercado y los datos de vehículos eléctricos en Colombia. Este valor fue tomado como referencia por su accesibilidad en el mercado colombiano (El Carro Colombiano, 2023e).

3.2.2.3 Intereses

Asumiendo el financiamiento de \$15,000 USD al 100% a una tasa de interés de alrededor del 18,86% anual, que es la tasa mínima ofrecida para créditos vehiculares en Colombia según Bancoomeva (El Economista, 2022), durante 5 años, calculamos de la siguiente manera:

Monto financiado: \$15,000 USD

Tasa de interés anual: 18,86%

Período: 5 años

Utilizando la Ecuación 2:

$$\text{Intereses totales} = \$15,000 \times 0.1886 \times 5 = \$14,145$$

Por lo tanto, los intereses totales son \$14,145 USD.

3.2.2.4 Coste de financiación

El coste de financiación corresponde a los intereses totales pagados durante el período del préstamo, que en este caso es de \$14,145 USD.

3.2.2.4 Coste de funcionamiento

Mantenimiento: Los costos de mantenimiento de vehículos eléctricos suelen ser menores en comparación con los de combustión interna debido a la simplicidad del tren motriz eléctrico y la menor cantidad de componentes móviles (Enel X, 2023a).

Seguro: Se ha estimado un costo de \$400 USD al año para el seguro del Zhidou D2S, resultando en un total de \$2,000 USD durante 5 años, basándonos a que el seguro de un vehículo eléctrico oscila los \$700,000 – \$900,000 pesos colombianos y adicional a eso se le suma el impuesto del SOAT (Semana, 2023).

Energía: Para el vehículo Zhidou D2S en el contexto colombiano, se asumió un consumo de 15kWh en 100 Km (El Motor, 2022). Considerando el recorrido establecido en 5 años, la Ecuación 3 presenta lo siguiente:

$$\text{Consumo Total de energía} = 15,000 \times \frac{15 \text{ kWh}}{100 \text{ Km}} = 2,250 \text{ kWh}$$

Tomando en cuenta el precio de electricidad en Colombia de \$0.2 USD por kWh (Global Petrol Prices, 2024), se tiene:

$$\text{Costo anual de energía} = 2,250 \text{ kWh} \times \$0.2 = \$450$$

$$\text{Costo de energía (5 años)} = \$450 \times 5 = \$2,250$$

Entonces, se aplica la Ecuación 4 para obtener el costo de funcionamiento:

$$\text{Costes de funcionamiento} = 2,500 + 2,250 + 2,000 = \$6,750$$

3.2.2.5 Coste de reventa

Se estima que el Zhidou D2S tiene un valor de reventa de aproximadamente \$6,000 USD después de 5 años. Este cálculo se basa en una depreciación común para vehículos eléctricos en el mercado colombiano y la limitada demanda de segunda mano en la región (El Carro Colombiano, 2023e).

3.2.2.6 Kilometraje total

El análisis asume un kilometraje total de 50,000 km durante 5 años, estimando un uso promedio de 10,000 km por año. Este valor es un promedio típico para vehículos urbanos en Colombia (Enel X, 2023a).

3.2.3 Cálculo del TCO

Con los datos recopilados anteriormente, procederemos a introducirlos en la Ecuación 1, de la siguiente manera:

$$TCO = \frac{15,000 + \frac{14,145}{14,145} + 6,750 - 6,000}{75,000} = 0.21 \frac{USD}{Km}$$

Con un TCO estimado en \$0.21 USD por kilómetro, el análisis del vehículo eléctrico Zhidou D2S en el contexto colombiano destaca tanto las ventajas como las áreas de oportunidad para la adopción de la electromovilidad en el país.

Este valor refleja una combinación de factores clave, incluidos el coste de adquisición, los intereses generados por el financiamiento, los gastos de operación, y un coste de

reventa moderado. El TCO competitivo sugiere que, a pesar de la inversión inicial y los intereses, los bajos costos de funcionamiento del Zhidou D2S hacen de este vehículo una opción atractiva a largo plazo, especialmente para quienes buscan reducir sus costos por kilómetro en comparación con vehículos de combustión interna.

3.2.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Colombia

La infraestructura de carga es un elemento esencial para el éxito de la transición hacia la electromovilidad en Colombia, el Wallbox Pulsar Plus es uno de los cargadores residenciales más utilizados en Colombia. Este dispositivo destaca por su diseño compacto, facilidad de uso y compatibilidad con diferentes tipos de vehículos eléctricos (En+ Tech, 2023). Su precio de adquisición ronda los \$1,200 USD, incluyendo la instalación básica. Este costo inicial puede variar según las condiciones específicas de la instalación y el tipo de conexión requerida (El Carro Colombiano, 2023d).

3.2.4.1 Mantenimiento

El mantenimiento del Wallbox Pulsar Plus es mínimo debido a su diseño para uso intensivo, lo cual reduce la necesidad de intervenciones frecuentes. No obstante, se recomienda realizar una revisión anual para garantizar el correcto funcionamiento de los componentes eléctricos. Este servicio tiene un costo estimado de \$50 USD por revisión. (Enel X, 2023).

Este dispositivo se destaca por su bajo mantenimiento, requiriendo solo una revisión anual de \$50 USD para garantizar su correcto funcionamiento. Además, el costo de carga es accesible, con un precio promedio de \$7 USD para una carga completa de 50 kWh, considerando un costo de electricidad de \$0.14 USD por kWh en el país. Estos factores, junto con el beneficio de un IVA reducido al 5% para cargadores eléctricos, contribuyen a un TCO competitivo, haciendo que el Wallbox Pulsar Plus sea una opción atractiva para quienes buscan una solución de carga eficiente y de bajo costo en el hogar (Enel X, 2023).

3.3 Chile

En Chile, el análisis del TCO de los vehículos eléctricos es fundamental para evaluar su viabilidad económica y su contribución a la movilidad sostenible. Este análisis

considera diversos factores, incluyendo el costo de adquisición, financiamiento, mantenimiento, energía y valor de reventa, así como la infraestructura de carga disponible en el país.

El gobierno chileno ha implementado incentivos para fomentar la adopción de vehículos eléctricos como el uso de carriles exclusivos, la disponibilidad de estacionamiento gratuito y la exención de impuestos.

La infraestructura de carga en Chile ha experimentado un crecimiento significativo para reducir la ansiedad por la autonomía y facilitar la adopción de vehículos eléctricos (Electromaps, 2024d).

En cuanto a las baterías, la tecnología de iones de litio es la más utilizada en los vehículos eléctricos en Chile, debido a su alta capacidad de carga (ferrovial, 2024). Sin embargo, el costo de reemplazo de estas baterías sigue siendo un desafío, y se requiere una infraestructura adecuada para su reciclaje al final de su vida útil. Se espera que, con el avance de la tecnología y la producción en masa, los costos de las baterías disminuyan, facilitando una mayor adopción de vehículos eléctricos en el país (Gobierno de Chile, 2022).

Este capítulo ofrece una visión integral de los factores que influyen en el TCO de los vehículos eléctricos en Chile, proporcionando un marco comparativo con otros países de la región y planteando recomendaciones para optimizar la transición hacia un sistema de transporte más limpio y eficiente.

3.3.1 Baterías

En Chile, las baterías de iones de litio son fundamentales para la adopción de vehículos eléctricos y la transición hacia una movilidad sostenible. Estas baterías destacan por su alta densidad energética, durabilidad y eficiencia (ferrovial, 2024). Sin embargo, el costo de adquisición y reemplazo de estas baterías representa un desafío económico significativo para muchos consumidores en el país. Se espera que, con el avance de la tecnología, estos costos disminuyan, facilitando la accesibilidad a los vehículos eléctricos en el mercado chileno (Gobierno de Chile, 2022).

El gobierno chileno reconoce la importancia de una gestión adecuada de las baterías al final de su vida útil. Actualmente, uno de los desafíos es el desarrollo de infraestructura y políticas para el reciclaje de baterías, con el fin de mitigar el impacto ambiental y maximizar el aprovechamiento de sus materiales. La Estrategia Nacional de

Electromovilidad plantea la necesidad de incentivar tanto la adopción de baterías más eficientes como la creación de una cadena de suministro sostenible para su manejo y disposición final (Gobierno de Chile, 2022).

3.3.1.1 Mantenimiento y Vida Útil

Al igual que en Costa Rica, las baterías de iones de litio necesitan un mantenimiento significativamente menor en comparación con los motores de combustión interna, principalmente porque no cuentan con partes móviles sujetas al desgaste. Sin embargo, es fundamental controlar aspectos como la temperatura y los ciclos de carga para optimizar su eficiencia y extender su vida útil. En condiciones de uso estándar, estas baterías suelen durar en promedio unos 8 años o aproximadamente 150,000 kilómetros (La República, 2024a).

3.3.1.2 Impacto del IVA en el Costo de las Baterías

Según la Figura 27, en Chile, existen beneficios fiscales en términos de exenciones de impuestos como la exención del impuesto a la transferencia de vehículos (1.5% del valor del vehículo) nuevos para los vehículos eléctricos, lo cual indirectamente facilita la reducción del TCO.

3.3.1.3 Perspectivas Futuras

Se espera que el costo de las baterías de iones de litio continúe disminuyendo en los próximos años debido a avances tecnológicos y al incremento de la producción global, lo cual podría reducir significativamente el TCO de los vehículos eléctricos en Chile. Además, existe un interés creciente en el desarrollo de baterías de estado sólido, una tecnología emergente que promete mejorar la capacidad de almacenamiento y prolongar la vida útil de las baterías (Gobierno de Chile, 2022).

3.3.2 Vehículos Eléctricos

El cálculo del TCO de los vehículos eléctricos en Chile es fundamental para evaluar su viabilidad económica y su contribución a los objetivos de sostenibilidad del país. Este análisis considera no solo el costo inicial de adquisición, sino también los gastos asociados al financiamiento, mantenimiento, consumo de energía y valor de reventa,

proporcionando una visión integral de los costos a lo largo de la vida útil del vehículo (idoneo, 2022).

Además, el análisis del TCO en el contexto chileno permite identificar las áreas donde los costos pueden optimizarse, como el mantenimiento y el consumo de energía, que suelen ser menores en los vehículos eléctricos en comparación con los de combustión interna.

3.3.2.1 Análisis del TCO de los vehículos Eléctricos

El TCO incluye los costos de adquisición, financiamiento, funcionamiento (mantenimiento, seguro y energía), y el valor de reventa del vehículo eléctrico más vendido en Chile en el año 2023: Tesla Model 3. Considerando también un período de 5 años.

3.3.2.2 Costo de Adquisición

En 2023, el precio promedio de un Tesla Model 3 en Chile fue de aproximadamente \$45,800 USD (autocosmos, 2024).

3.3.2.3 Intereses

En 2020, las tasas de interés para el financiamiento de vehículos eléctricos en Chile variaron según la institución financiera y las condiciones del mercado. Por ejemplo, BancoEstado ofreció una tasa de interés mensual preferencial de 0,56% para la compra de vehículos eléctricos (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2020).

Por lo que equivale a una tasa anual aproximada del 6,72%.

Monto financiado: \$45,800 USD

Tasa de interés anual: 6,72%

Período: 5 años

Utilizando la Ecuación 2, tenemos:

$$\text{Intereses totales} = \$45,800 \times 0.0672 \times 5 = \$15,408$$

3.3.2.4 Coste de Financiación

El coste de financiación es equivalente a los intereses totales pagados durante el período del préstamo, es decir, \$15,408 USD.

3.3.2.5 Costes de Funcionamiento

Mantenimiento: Los vehículos eléctricos, como el Tesla Model 3, presentan costos de mantenimiento significativamente menores en comparación con los vehículos de combustión interna. El coste de las intervenciones para modelos como el Tesla Model S (características similares al Tesla Model 3) oscila entre 500 y 1.050 euros, dependiendo de la revisión y el kilometraje (El Motor, 2017).

Por lo que se asumió un valor de \$700 USD anuales. En un periodo de 5 años, el mantenimiento es de \$3,500 USD.

Seguro: El costo anual del seguro para un Tesla Model 3 en Chile puede variar significativamente según el proveedor de seguros, las características del conductor y el tipo de cobertura seleccionada. Según estimaciones generales obtenidas de un cotizador de vehículos online, el seguro para un vehículo eléctrico de alta gama en Chile, como el Tesla Model 3, suele oscilar entre \$1,200 y \$2,000 USD aproximadamente. Factores como la edad del conductor, su historial de manejo, la ubicación y las coberturas adicionales contratadas pueden influir en el costo final del seguro (Asociación de Aseguradores de Chile A.G., 2022).

Por lo que se asumió un valor de \$1500 USD anuales. En 5 años, el valor del seguro es de \$7,500 USD.

Energía: El Tesla Model 3 tiene un consumo promedio de 14 kWh por cada 100 km (TESLA, 2024). Utilizamos la Ecuación 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para obtener el consumo total de energía en 5 años:

$$\text{Consumo Total de energía} = 15,000 \times \frac{14 \text{ kWh}}{100 \text{ Km}} = 2,100 \text{ kWh}$$

Considerando que el costo de electricidad en Chile es de \$0.132 USD por kWh (Global Petrol Prices, 2024c), tenemos:

$$\text{Costo anual de energía} = 2,100 \text{ kWh} \times \$0.132 = \$277.2$$

$$\text{Costo de energía (5 años)} = \$546.75 \times 5 = \$1,386$$

Por lo que según la Ecuación 4, el Costo de Funcionamiento de un vehículo eléctrico en 5 años, es de:

$$\text{Costes de funcionamiento} = 3,500 + 1,386 + 7,500 = \$12,386$$

3.3.3.6 Coste de Reventa

El Tesla Model 3 mantiene su valor relativamente bien en comparación con otros vehículos eléctricos. Se estima que, después de 5 años, este modelo retendría aproximadamente el 50% de su valor inicial, lo cual equivale a \$22,900 USD (La Tercera, 2023).

3.3.2.7 Kilometraje Total

Asumiendo un uso promedio anual de 15,000 km, el kilometraje total en 5 años sería 75,000 km.

3.3.3 Cálculo del TCO

Aplicando la Ecuación 1, se obtiene lo siguiente:

$$TCO = \frac{45,800 + \frac{15,408}{15,408} + 12,386 - 22,900}{75,000} = 0.470 \frac{USD}{Km}$$

El cálculo del TCO para un vehículo eléctrico en Chile, utilizando el modelo y los valores estimados, ha arrojado un resultado de 0.470 USD por kilómetro. Este valor muestra que, aunque el costo inicial de adquisición y financiamiento puede ser significativo, los menores costos de funcionamiento, como el mantenimiento y el consumo de energía, junto con el valor de reventa, contribuyen a hacer la propiedad del vehículo eléctrico competitiva en comparación con los vehículos de combustión interna.

3.3.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Chile

El WayBox Residencial de Enel X es uno de los cargadores de vehículos eléctricos más populares en Chile, especialmente diseñado para satisfacer las necesidades de los usuarios residenciales. En términos de costos, el WayBox Residencial está disponible en el mercado chileno a un precio aproximado de \$700 USD. Este precio incluye tanto el equipo como la instalación básica, aunque puede variar según los requisitos específicos de cada instalación (Enel X Store, 2024).

3.3.4.1 Mantenimiento

El cargador WayBox Residencial de Enel X requiere poco mantenimiento gracias a su diseño duradero y su idoneidad para el uso frecuente en entornos residenciales, lo que minimiza la necesidad de reparaciones o intervenciones constantes. No obstante, es aconsejable realizar una inspección anual para garantizar que todos los componentes eléctricos funcionen de manera óptima y segura. (Enel X, 2023).

3.4 Ecuador:

En Ecuador, el TCO de los vehículos eléctricos presenta tanto oportunidades de avance como desafíos importantes. Aunque el costo inicial de estos vehículos suele ser más elevado que el de los de combustión interna, el gobierno ecuatoriano ha introducido incentivos, como la exención del IVA y beneficios fiscales, para reducir esta brecha y facilitar la adopción de tecnologías de movilidad sostenible. De acuerdo con la Ley de Régimen Tributario Interno, la transferencia e importación de vehículos eléctricos para uso particular, transporte público y de carga están gravadas con una tarifa del 0% de IVA (Aduana de Ecuador, 2023). Sin embargo, estos incentivos aún no son suficientes para igualar completamente el TCO de los vehículos eléctricos con el de los vehículos tradicionales de combustión interna.

La infraestructura de carga en Ecuador ha crecido especialmente en áreas urbanas como Quito y Guayaquil, con una red de estaciones de carga en expansión. Hasta octubre de 2024, se contabilizan aproximadamente 214 estaciones de carga en ciudades como Guayaquil, Quito, Ambato, Cuenca, Loja, Azogues, Atacames, Puerto Ayora y Puerto Baquerizo Moreno ((El Universo, 2024). No obstante, la cobertura sigue siendo limitada en zonas rurales y menos urbanizadas, lo cual impacta tanto en la conveniencia como en los costos operativos para los usuarios de vehículos eléctricos.

Además, el costo de las baterías continúa representando una proporción significativa del TCO debido a los altos precios de adquisición y reemplazo. A nivel global, el precio de las baterías ha comenzado a disminuir; sin embargo, en Ecuador, estos avances han sido más lentos, lo que sigue siendo un obstáculo económico para la adopción masiva de vehículos eléctricos. Aunque el gobierno ecuatoriano ofrece incentivos adicionales como la exención de AD VALOREM e ICE, persisten desafíos relacionados con los costos de las baterías y la infraestructura de carga (Automagazine, 2023).

3.4.1 Baterías:

En Ecuador, las baterías de iones de litio, predominantes en vehículos eléctricos, requieren un mantenimiento mínimo en comparación con los motores de combustión interna. No obstante, es esencial supervisar factores como la temperatura y los ciclos de carga para optimizar su rendimiento y prolongar su vida útil. En condiciones óptimas, estas baterías suelen durar entre 8 y 10 años o alcanzar entre 150,000 y 200,000 kilómetros, dependiendo de los hábitos de carga y las condiciones climáticas. Las altas temperaturas en ciertas regiones de Ecuador pueden acelerar la degradación de las baterías, disminuyendo su vida útil y aumentando la necesidad de reemplazo (Noticias Coches, 2023).

3.4.1.1 Mantenimiento y Vida Útil

En Ecuador las baterías de iones de litio más utilizadas en vehículos eléctricos requieren un mantenimiento mínimo en comparación con los motores de combustión interna. Sin embargo, para maximizar su rendimiento y prolongar su vida útil, es esencial monitorear factores como la temperatura y los ciclos de carga. Bajo condiciones óptimas, estas baterías tienen una vida útil promedio de 8 a 10 años o un rango de entre 150,000 y 200,000 kilómetros. Esto depende en gran medida de los hábitos de carga de los usuarios y de las condiciones ambientales, siendo el clima un factor importante en su durabilidad (Serenovables, 2023).

Aunque el mantenimiento es mínimo, algunos aspectos críticos incluyen evitar cargas rápidas frecuentes y minimizar la exposición a temperaturas extremas. Estas prácticas ayudan a evitar el desgaste acelerado de las celdas de iones de litio, preservando la capacidad de la batería y su autonomía. A medida que la tecnología de baterías avanza, se espera que se desarrollen métodos más efectivos para gestionar su rendimiento en

condiciones diversas, adaptándose mejor a climas como los de ciertas regiones de Ecuador, donde las altas temperaturas pueden ser un desafío adicional para la longevidad de las baterías de vehículos eléctricos (Serenovables, 2023).

3.4.1.2 Impacto del IVA en el Costo de las Baterías

En Ecuador, las baterías de iones de litio para vehículos eléctricos están exentas del Impuesto al Valor Agregado (IVA), lo cual ayuda a reducir el TCO de estos vehículos y fomenta la adopción de tecnologías de movilidad sostenible. Esta política, que establece una tarifa del 0% de IVA para la importación de vehículos eléctricos y sus componentes, incluyendo las baterías, busca hacer más accesibles estos vehículos para los consumidores (Aduana de Ecuador, 2023b). Sin embargo, aunque la exención fiscal reduce el costo de las baterías, su precio inicial sigue siendo alto, lo que representa un desafío para la adopción masiva de la electromovilidad en el país (Mundo Tuerca Ecuador, 2023).

3.4.1.3 Perspectivas Futuras

Con el avance en tecnología y la ampliación de la producción de baterías a nivel global, se espera que los costos de estas sigan disminuyendo, lo cual podría reducir el TCO de los vehículos eléctricos en Ecuador. Además, la implementación de políticas gubernamentales que incentiven la producción local de baterías y la expansión de la infraestructura de carga podría promover una adopción más amplia de la movilidad eléctrica en el país.

3.4.2 Vehículos eléctricos

En Ecuador, hasta la fecha, el mercado de vehículos eléctricos en Ecuador ha mostrado un crecimiento moderado impulsado por incentivos gubernamentales y un creciente interés en la movilidad sostenible. En 2023, la venta de vehículos eléctricos aumentó notablemente en comparación con años anteriores, siendo modelos como el Nissan X-Trail, el BYD Dolphin y el Audi RS e-Tron GT los más vendidos. Sin embargo, el segmento de vehículos eléctricos aún representa una pequeña proporción del total de

ventas de vehículos en el país. A pesar de los avances, el costo inicial y la infraestructura de carga siguen siendo desafíos clave para una adopción masiva, lo cual limita la penetración de estos vehículos en el mercado ecuatoriano (Fayals, 2023; Primicias, 2024).

3.4.2.1 Análisis del TCO

Dado que el objetivo de este análisis es estudiar el TCO de un vehículo eléctrico, el modelo seleccionado es el BYD Dolphin, el cual ha sido uno de los vehículos eléctricos más vendidos en Ecuador en 2023. Aunque el Nissan X-Trail lidera en ventas, este modelo es un vehículo híbrido, lo que implica que no opera exclusivamente con energía eléctrica, sino que combina un motor de combustión interna y un sistema eléctrico, lo cual no se ajusta a los criterios de este estudio (Primicias, 2024). En contraste, el BYD Dolphin es 100% eléctrico, lo que permite un análisis más preciso del TCO en el contexto de la electromovilidad. Su popularidad en el mercado ecuatoriano se debe a su accesibilidad, eficiencia y a los incentivos fiscales aplicados a vehículos eléctricos, como la exoneración del IVA, que facilitan su adopción y reducen sus costos operativos (MotorPlan Ecuador, 2023). Por lo tanto, el BYD Dolphin es el modelo más adecuado para evaluar los costos y beneficios de la movilidad eléctrica en Ecuador.

3.4.2.2 Costo de adquisición

El precio de adquisición del BYD Dolphin en Ecuador es aproximadamente \$29,000 USD. Este valor ha sido determinado con base en el análisis del mercado local y en fuentes confiables sobre precios de vehículos eléctricos como (Autocosmos, 2024a).

3.4.2.3 Intereses

Asumiendo un financiamiento del 100% del vehículo a una tasa de interés anual del 9% (Banco ProCredit, 2023). durante 5 años, los intereses totales se calculan de la siguiente manera:

- **Monto financiado:** \$30,000 USD
- **Tasa de interés anual:** 9%
- **Período:** 5 años

Utilizando la Ecuación 2, tenemos:

$$\text{Intereses totales} = \$30,000 \times 0.09 \times 5 = \$13,500$$

3.4.2.4 Coste de financiación

El coste de financiación corresponde a los intereses totales pagados durante el período del préstamo, que en este caso es de \$13,500 USD.

3.4.2.5 Costes de funcionamiento

Mantenimiento: En Ecuador, el costo de mantenimiento anual para vehículos eléctricos como el BYD Dolphin se estima en aproximadamente \$500 USD, totalizando \$2,500 USD en un período de 5 años. Esta estimación se basa en la información proporcionada por Leapmotor Ecuador, que indica que el mantenimiento preventivo estándar de un vehículo eléctrico tiene un costo aproximado de \$475 USD al año, considerando un recorrido de 20,000 km por año (Leapmotor Ecuador, 2023). Este costo incluye revisiones periódicas y servicios esenciales para garantizar el óptimo funcionamiento del vehículo.

Seguro: En Ecuador, el costo del seguro para vehículos eléctricos puede variar considerablemente según la aseguradora y las coberturas seleccionadas. Se estima que el seguro anual oscila entre \$400 y \$600 USD, lo que da un total aproximado de \$2,000 USD en un período de 5 años para el BYD Dolphin o modelos similares. Esta estimación se basa en consultas realizadas con aseguradoras locales y refleja un promedio del mercado de seguros para vehículos eléctricos en el país.

Nota aclaratoria:

Estimación de costo de seguro para vehículos eléctricos en Ecuador. (2023). Consultas realizadas con aseguradoras locales en Ecuador.

Energía: Asumiendo un consumo promedio de 15 kWh por cada 100 km (El Motor, 2022), para un recorrido de 15,000 km, el cálculo es con la Ecuación 3:

$$\text{Consumo Total de energía} = 15,000 \times \frac{15 \text{ kWh}}{100 \text{ Km}} = 2,250 \text{ kWh}$$

Con un costo de \$0.095 USD por kWh en Ecuador (Global Petrol Prices, 2024), se tiene:

$$\text{Costo anual de energía} = 2,250 \text{ kWh} \times \$0.095 = \$213.75$$

$$\text{Costo de energía (5 años)} = \$213.75 \times 5 = \$1,068.75$$

Aplicando la Ecuación 4, tenemos:

$$\text{Costes de funcionamiento} = 2,500 + 1,068.75 + 2,000 = \$5,668.75$$

3.4.2.6 Coste de reventa

El valor que se utilizó para el precio de reventa del BYD Dolphin en Ecuador, cuyo precio de adquisición es de \$29,000 USD fue \$13,000, tomando en cuenta un coste de reventa aproximado al 50% (La Tercera, 2023).

3.4.2.7 Kilometraje total

En Ecuador, se estima que un vehículo particular recorre aproximadamente 15,000 kilómetros al año.

3.4.3 Cálculo del TCO

Utilizando la Ecuación 1. Se tiene que:

$$TCO = \frac{29,000 + \frac{13,500}{13,500} + 5,668.75 - 13,000}{75,000} = 0.288 \frac{USD}{Km}$$

El análisis del TCO del BYD Dolphin en Ecuador muestra que este vehículo eléctrico tiene un costo aproximado de \$0.288 USD por kilómetro en un período de cinco años. Este valor incluye el coste de adquisición, los intereses del financiamiento, los costos de funcionamiento (mantenimiento, seguro y energía) y el valor de reventa estimado al final del período. Con un TCO competitivo, el BYD Dolphin se presenta como una opción económicamente viable en comparación con vehículos de combustión interna, especialmente cuando se consideran los incentivos fiscales y la infraestructura de carga en crecimiento en el país. Esto sugiere que, aunque la inversión inicial pueda ser significativa, el ahorro en costos operativos y el valor de reventa hacen de este modelo una alternativa atractiva para usuarios interesados en la movilidad sostenible.

3.4.4 Cargador de vehículos eléctricos más vendido de Ecuador

La infraestructura de carga es esencial para la adopción de vehículos eléctricos en Ecuador. La exención del IVA para cargadores de vehículos eléctricos y un costo de electricidad es aproximadamente de \$0.10 USD por kWh, facilitando el acceso a esta tecnología y promoviendo su adopción (Smart Wallboxes, 2023).

Los cargadores de tipo 2, conocidos como Mennekes, son ampliamente utilizados en Ecuador debido a su versatilidad y compatibilidad con la mayoría de los vehículos eléctricos. El costo de adquisición de un cargador tipo 2 en el país oscila entre \$1,000 y \$1,500 USD, incluyendo la instalación básica. Este precio puede variar según las condiciones específicas de la instalación y el tipo de conexión requerida (Smart Wallboxes, 2023).

3.4.4.1 Mantenimiento

El mantenimiento de los cargadores tipo 2 es generalmente mínimo, gracias a su diseño robusto y capacidad para soportar un uso intensivo. Se recomienda realizar una revisión anual para asegurar el buen funcionamiento de los componentes eléctricos, con un costo estimado de \$50 USD por revisión (Smart Wallboxes, 2023).

Capítulo 4: Recomendaciones para Ecuador en el camino hacia la Carbono Neutralidad

En este capítulo se presentan recomendaciones diseñadas para fomentar la movilidad eléctrica en Ecuador, basadas en los objetivos planteados y en las lecciones aprendidas de las experiencias exitosas de Costa Rica, Colombia y Chile. Estas propuestas se ajustan a la realidad ecuatoriana, con un enfoque especial en superar los desafíos tecnológicos, regulatorios y operativos que actualmente dificultan el avance hacia un sistema de transporte más sostenible.

En este capítulo se sintetizan los resultados alcanzados, proponiendo un plan de acción que permita enfrentar las principales barreras existentes en Ecuador mientras se avanza hacia un sistema de transporte más limpio, eficiente y sostenible.

4.1 Benéficos de las Estrategias Nacionales de Electromovilidad de países tratados

En la Tabla 7 se ilustra lo más importante a resaltar de cada país con respecto a las estrategias nacionales de electromovilidad de cada país tratadas en el Capítulo 2, se procederá al final a mostrar la comparación adoptada al contexto ecuatoriano basándonos en la Estrategia Nacional de Electromovilidad (ENEM). Así también, la Tabla 8 muestra las recomendaciones clave.

Tabla 7. Puntos clave de países en el contexto ecuatoriano

País	Puntos clave con Ecuador
Costa Rica	Costa Rica es líder regional en infraestructura de carga, a pesar de ser un país pequeño. Esto se debe a políticas claras y al apoyo gubernamental para el desarrollo de estaciones de carga públicas y privadas. Ecuador podría emular este modelo, priorizando la instalación estratégica de cargadores eléctricos en las principales ciudades y corredores viales.
	Costa Rica ha logrado alinear su Plan de Descarbonización con las estrategias de electromovilidad, lo que asegura un enfoque integral hacia la sostenibilidad. Ecuador podría aprender de esta coordinación estratégica, asegurando que sus políticas de electrificación estén vinculadas a los objetivos de descarbonización y mitigación del cambio climático.
	Un aspecto destacado de Costa Rica es su modelo de educación y sensibilización sobre la movilidad eléctrica, que ha promovido una aceptación social significativa. Ecuador podría replicar estas campañas de concienciación para informar a los ciudadanos sobre los beneficios de los vehículos eléctricos y así superar la percepción negativa sobre costos y autonomía limitada.
Colombia	Colombia cuenta con un marco normativo más avanzado, como la Ley 1964 de 2019, que promueve incentivos fiscales y exenciones para vehículos eléctricos. Esto fomenta la adopción masiva de la tecnología. Ecuador puede replicar estas estrategias implementando regulaciones que favorezcan tanto a usuarios como a fabricantes y distribuidores de vehículos eléctricos.
	La infraestructura de carga en Colombia está integrada en nuevos desarrollos urbanos, lo que garantiza su expansión. Este modelo de planificación puede ser una referencia para Ecuador, que aún no cuenta con normativas claras sobre la integración de cargadores eléctricos en proyectos inmobiliarios o urbanos.

	<p>Colombia enfrenta desafíos similares a Ecuador en cuanto a la cobertura de infraestructura en zonas rurales, lo que limita la adopción de la electromovilidad fuera de las ciudades principales. Sin embargo, la experiencia de Colombia en este ámbito puede ofrecer aprendizajes útiles para superar las barreras logísticas y de conectividad en Ecuador.</p>
Chile	<p>Chile tiene un enfoque más estructurado en movilidad eléctrica, particularmente en el transporte público. Esto se evidencia en iniciativas como la incorporación masiva de buses eléctricos en Santiago, lo que refleja un compromiso claro con la descarbonización del transporte público. Ecuador, aunque está iniciando, podría adoptar un enfoque similar para acelerar la transición en el sector.</p>
	<p>La colaboración público-privada en Chile ha sido clave para el desarrollo de infraestructura de carga. Un ejemplo es la alianza entre el gobierno y empresas privadas para instalar cargadores eléctricos a nivel nacional, impulsando la confianza en la electromovilidad. En Ecuador, estas alianzas aún son limitadas y representan una oportunidad para el crecimiento del sector.</p>
	<p>Chile ha establecido metas claras a mediano y largo plazo en su estrategia de electromovilidad, como alcanzar la carbono neutralidad para 2050. Estas metas incluyen planes detallados para incrementar la infraestructura y fomentar la transición tecnológica. Ecuador podría beneficiarse adoptando metas similares y normativas más específicas para la infraestructura de carga eléctrica.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Recomendaciones al contexto ecuatoriano

País	Recomendaciones clave a adoptar en Ecuador
Chile	Fijar metas claras a mediano y largo plazo, como alcanzar un porcentaje específico de vehículos eléctricos en el parque automotor nacional para 2030 o 2040, asegurando un seguimiento periódico de su cumplimiento.
	Priorizar la incorporación de flotas eléctricas en áreas urbanas, comenzando por taxis y transporte público, dado que representan una proporción significativa de las emisiones en ciudades como Quito y Guayaquil.
	Establecer un marco regulatorio que fomente colaboraciones público-privadas, donde empresas privadas puedan invertir en infraestructura de carga, especialmente en zonas de alta demanda, como centros comerciales y terminales de transporte.
Colombia	Promulgar leyes que obliguen a los desarrolladores inmobiliarios a incluir estaciones de carga en proyectos nuevos, particularmente en edificios de uso mixto y urbanizaciones, para promover una infraestructura de carga accesible desde el inicio, tales como: Obligatoriedad de incluir puntos de carga eléctrica en desarrollos inmobiliarios nuevos, Normas para la instalación de cargadores en gasolineras existentes, Requisitos para permisos de construcción para prever instalaciones eléctricas adecuadas
	Diseñar incentivos fiscales atractivos, como exenciones del IVA o reducción de aranceles para la importación de vehículos eléctricos, así como beneficios económicos adicionales para usuarios, como la exoneración de peajes o tasas municipales.
	Desarrollar un plan nacional para instalar estaciones de carga en corredores interurbanos estratégicos, como las rutas Quito-Guayaquil o Quito-Cuenca, facilitando así los viajes de larga distancia y eliminando barreras asociadas a la autonomía de los vehículos eléctricos.

Costa Rica	Integrar la Estrategia Nacional de Electromovilidad con metas concretas de descarbonización, como la reducción de un porcentaje específico de emisiones en sectores de transporte para 2035, alineando estos objetivos con la política energética nacional.
	Desarrollar campañas educativas en escuelas, universidades y medios de comunicación masiva para informar a la población sobre los beneficios económicos, ambientales y tecnológicos de los vehículos eléctricos, contribuyendo a eliminar prejuicios sobre su costo inicial y autonomía.
	Priorizar la instalación de estaciones de carga en áreas rurales y turísticas, especialmente en zonas como el Oriente y la región costera, donde la falta de infraestructura podría limitar la adopción de vehículos eléctricos. Estas estaciones pueden ser impulsadas mediante alianzas con operadores turísticos o empresas locales interesadas en fomentar el ecoturismo sostenible.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Recomendaciones para Ecuador en Incentivos para Vehículos Eléctricos e Infraestructura de Carga: Lecciones de Chile, Colombia y Costa Rica

Se procede a mostrar lo más importante a resaltar de cada país con respecto líneas de acción, mecanismos y tendencias de vehículos eléctricos e infraestructura de carga únicamente enfocado en incentivos tratados el Capítulo 2, se procederá al final a mostrar la comparación adoptada al contexto ecuatoriano basándonos en los incentivos de Ecuador:

4.2.1 Incentivos para Vehículos Eléctricos

Se expondrán los incentivos para vehículos eléctricos para ver su aplicabilidad en el Ecuador.

4.2.1.1 Aplicabilidad en Ecuador basado en Costa Rica

- **Tarifas eléctricas reducidas:** Introducir tarifas preferenciales para la carga de vehículos eléctricos en hogares y estaciones públicas, como ocurre en Costa Rica.
- **Incentivos fiscales a taxis y autobuses:** Crear subsidios específicos para la adquisición de vehículos eléctricos en el sector del transporte público.

4.2.1.2 Aplicabilidad en Ecuador basado en Colombia

- **Exoneración de peajes:** Ecuador podría implementar esta medida en corredores interurbanos para vehículos eléctricos, incentivando su adopción más allá de las ciudades principales.
- **Incentivos para taxis y flotas públicas:** Promover un plan de renovación de taxis y buses eléctricos similar al colombiano, con subsidios y financiamiento accesible.

4.2.1.3 Aplicabilidad en Ecuador basado en Chile

- **Exención del IVA e ICE:** Ecuador ya tiene una exoneración del 15% de IVA e ICE para vehículos eléctricos. Sin embargo, podría ampliar incentivos incluyendo descuentos adicionales para los seguros (como el SOAT) y mayores facilidades para empresas que adquieran flotas.

- **Carriles exclusivos y estacionamiento gratuito:** Implementar estas medidas en Quito y Guayaquil podría incentivar el uso de vehículos eléctricos en zonas congestionadas.

4.3.1 Incentivos para Infraestructura de Carga

Se expondrán los incentivos para infraestructura de carga y así ver su aplicabilidad en el Ecuador

4.3.1.1 Aplicabilidad en Ecuador basado en Costa Rica

- **Incentivos financieros:** Crear programas de financiamiento accesible para negocios que deseen instalar cargadores, con modelos de pago por uso.

4.3.1.2 Aplicabilidad en Ecuador basado en Colombia

- **Normativa para nuevos desarrollos:** Adaptar una regulación similar a la Ley 1964, que obligue a nuevos proyectos residenciales y comerciales a incluir acometidas eléctricas para estaciones de carga.
- **Carga rápida en corredores:** Promover proyectos para instalar electrolineras en carreteras principales, especialmente en rutas entre Quito y Guayaquil.

4.3.1.3 Aplicabilidad en Ecuador basado en Chile

- **Normas para infraestructura de carga:** Establecer estándares de interoperabilidad y eficiencia que regulen las estaciones de carga públicas y privadas.
- **Incorporación en proyectos inmobiliarios:** Obligar a nuevos desarrollos residenciales y comerciales a incluir infraestructura de carga eléctrica.

4.3.2 Adopción de Ecuador con respecto a cada país

La Tabla 9 resume las recomendaciones para Ecuador basadas en las estrategias de Chile, Costa Rica, Colombia y Chile. Estas propuestas destacan prácticas clave como marcos regulatorios sólidos, incentivos económicos y alianzas público-privadas, adaptables al contexto ecuatoriano para acelerar la transición hacia una movilidad sostenible y descarbonizada.

Tabla 9. Recomendaciones para el Ecuador con respecto a incentivos

País	Recomendaciones para Ecuador
Chile	Ampliar incentivos para flotas públicas y privadas: Implementar subsidios directos o reducciones fiscales para la compra de vehículos eléctricos destinados a transporte público (buses y taxis) y flotas corporativas privadas.
	Introducir carriles exclusivos para vehículos eléctricos: Crear corredores verdes en ciudades principales como Quito y Guayaquil, fomentando el uso de vehículos eléctricos al reducir sus tiempos de traslado.
	Subvenciones para infraestructura de carga urbana: Financiar parcialmente la instalación de cargadores eléctricos en zonas clave como estacionamientos públicos, centros comerciales y terminales de transporte.
Costa Rica	Exonerar peajes para vehículos eléctricos: Establecer políticas que eliminen los peajes en carreteras principales para usuarios de vehículos eléctricos, incentivando su uso en rutas interurbanas y de largo alcance.
	Implementar modelos "Charging as a Service": Crear alianzas con empresas privadas para ofrecer servicios de carga por suscripción, garantizando tarifas accesibles y sostenibles para los usuarios de vehículos eléctricos.
Colombia	Introducir tarifas eléctricas reducidas: Crear categorías tarifarias especiales para usuarios de vehículos eléctricos, incentivando tanto la carga doméstica como el uso de estaciones públicas de carga.
	Ampliar estaciones de carga en áreas rurales y rutas turísticas: Priorizar la instalación de infraestructura de carga en regiones alejadas y destinos turísticos como Galápagos y la Amazonía mediante colaboración con gobiernos locales y sector privado.
	Fortalecer el apoyo financiero para infraestructura de carga: Establecer líneas de crédito a bajo interés mediante bancos nacionales para empresas que deseen invertir en estaciones de carga eléctrica, asegurando un rápido despliegue de la infraestructura necesaria.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.1 Recomendaciones para Ecuador en el camino hacia la Carbono

Neutralidad: Lecciones de Chile, Colombia y Costa Rica

Se procede a mostrar lo más importante basándose en el Capítulo 2, la Tabla 10 procede a resaltar las propuestas clave de cada país con respecto a la estrategia ecuatoriana para alcanzar la carbono neutralidad.

Tabla 10. Estrategias Propuestas para Ecuador

País	Propuestas para Ecuador	Descripción
Costa Rica	Energía limpia como base	Ampliar la participación de energías renovables aprovechando el potencial hidroeléctrico de Ecuador, complementado con inversiones en solar y eólica, basándose en modelos exitosos como el costarricense.
	Proyectos piloto	Electrificar taxis, autobuses urbanos y rutas turísticas con infraestructura adecuada como parte de un plan de transición hacia la electromovilidad sostenible.
	Alianzas público-privadas	Promover la colaboración entre el sector público y privado para financiar infraestructura de carga, adquisiciones de flotas eléctricas y proyectos de investigación en movilidad eléctrica.
Colombia	Electrificación del transporte público	Expandir el transporte público eléctrico mediante proyectos piloto, incentivando la adopción de tecnologías limpias en taxis, buses y transporte de carga ligera en áreas metropolitanas.
	Diversificación energética	Complementar la generación hidroeléctrica existente con proyectos solares y eólicos en regiones clave como la Amazonía y la Costa, asegurando una mayor estabilidad energética sostenible.
	Gestión energética y redes modernas	Mejorar la eficiencia energética en transporte e industria y modernizar la red eléctrica para energías renovables.
Chile	Presupuestos de carbono	Implementar un sistema de control de emisiones sectoriales (transporte, energía e industria) con objetivos anuales de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) vinculados a metas nacionales de carbono neutralidad.

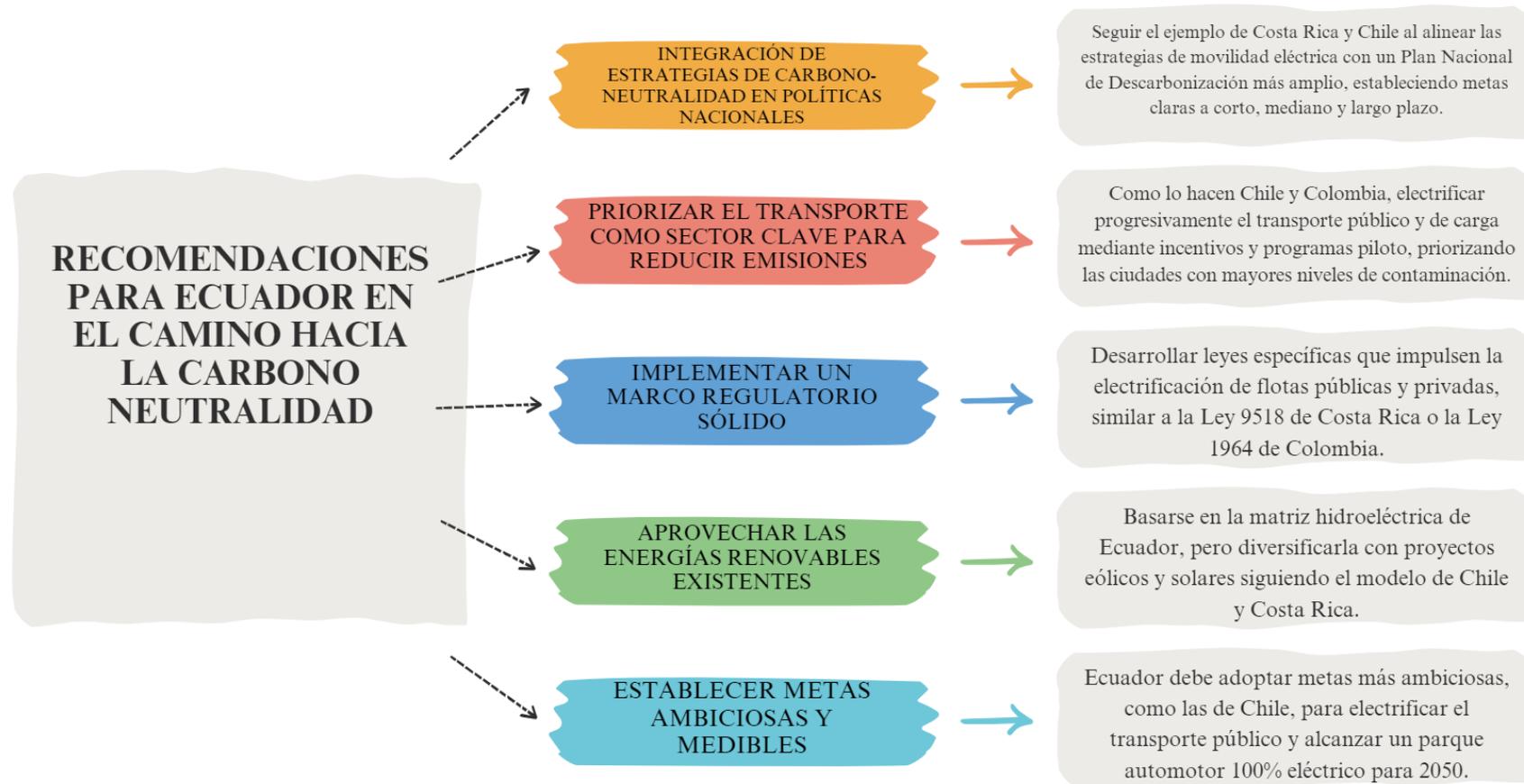
Compromiso renovable	Acercar proyectos de energías renovables en zonas estratégicas, priorizando áreas con alto potencial de generación eólica y solar, como la región andina y costera, para diversificar la matriz energética.
Transición energética progresiva	Diseñar un plan de reducción del uso de combustibles fósiles en generación eléctrica, fomentando la integración gradual de fuentes renovables como la solar, eólica y geotérmica en la matriz energética.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.1 Recomendaciones en relación a la carbono neutralidad

La Figura 39 presenta recomendaciones basadas en las experiencias de Chile, Costa Rica y Colombia para que Ecuador avance hacia la carbono neutralidad. Estas estrategias incluyen integrar políticas nacionales, priorizar el transporte eléctrico, aprovechar energías renovables y establecer metas medibles, destacando la importancia de un marco regulatorio sólido para promover la electromovilidad de forma sostenible.

Figura 39. Recomendaciones para el Ecuador de los distintos países



Fuente: Elaboración Propia.

4.5 Recomendaciones para Ecuador en el TCO: Lecciones de Costa rica, Colombia y Chile

Como se mencionó en el Capítulo 3, América Latina enfrenta desafíos y oportunidades en la movilidad eléctrica, con avances significativos en el TCO. Chile destaca por sus incentivos y enfoque urbano, aunque enfrenta altos costos de baterías. Colombia combina un TCO bajo con incentivos fiscales e infraestructura creciente. Costa Rica lidera con una red más amplia de carga y costos de baterías competitivos, mientras que Ecuador, pese a sus exenciones fiscales y bajo costo energético, enfrenta limitaciones en infraestructura y costos elevados de baterías.

La Tabla 11 compara estos factores, evidenciando cómo las políticas e infraestructura influyen en la electromovilidad en cada país.

Tabla 11. Resumen del análisis del TCO de los países tratados

País	TCO (USD/km)	Incentivos Clave	Infraestructura de Carga	Costo de Baterías	Modelo de VE	Costo de Energía (USD/kWh)	Costo Estimado de Mantenimiento o a 5 años (USD)
Costa Rica	0.336	Exención fiscal del 100% para VE menores a \$30,000	423 puntos de carga a nivel nacional	Relativamente bajo debido a exenciones fiscales	BYD S1 Pro	0.243	1500
Colombia	0.21	IVA del 5% para VE y componentes, exenciones de impuestos viales	En crecimiento en grandes ciudades, cobertura limitada en áreas rurales	Alto, entre \$5,000 y \$15,000 USD, limitando la adopción	Zhidou D2S	0.2	2500
Chile	0.47	Exenciones de impuestos, estacionamiento gratuito, carriles exclusivos para VE	Crecimiento significativo en zonas urbanas, alcance limitado en áreas rurales	Alto, pero se espera que disminuya con avances tecnológicos	Tesla Model 3	0.132	3500
Ecuador	0.288	Exención del IVA	214 estaciones de carga, principalmente urbanas	Alto, aunque la exención del IVA ayuda a mitigar el impacto	BYD Dolphin	0.095	2500

Fuente: Elaboración Propia.

5. CONCLUSIONES

Este estudio confirma que la transición hacia la electromovilidad es fundamental para que Ecuador cumpla sus metas de carbono neutralidad. A través de un análisis exhaustivo de políticas públicas, se ha evidenciado que, si bien el país ha avanzado en la implementación de incentivos fiscales y cuenta con una matriz energética renovable, aún enfrenta importantes desafíos. Entre ellos destacan la insuficiente infraestructura de carga y la necesidad de un marco normativo robusto que promueva la inversión tanto pública como privada.

El análisis comparativo con las experiencias de Costa Rica, Colombia y Chile ha permitido extraer aprendizajes valiosos. Estos países han superado barreras similares mediante la adopción de políticas estratégicas, adaptadas a sus realidades. En este sentido, es crucial fomentar la cooperación entre los sectores público y privado y establecer regulaciones claras que impulsen el crecimiento sostenible de la movilidad eléctrica.

El análisis del Costo Total de Propiedad (TCO) resalta las ventajas económicas a largo plazo de los vehículos eléctricos. En Ecuador, el BYD Dolphin registra un costo aproximado de \$0.288 USD por kilómetro en un período de cinco años, una cifra competitiva frente a otros países. En comparación, en Colombia, el Zhidou D2S tiene un TCO de \$0.21 USD por kilómetro, mientras que en Costa Rica el BYD S1 Pro alcanza los \$0.336 USD por kilómetro y en Chile, los valores estimados indican un TCO de \$0.470 USD por kilómetro. Estos resultados muestran que Ecuador ofrece condiciones favorables para la adopción de la movilidad eléctrica, gracias a sus menores costos operativos derivados de su matriz renovable.

En conclusión, Ecuador se encuentra en una posición estratégica para liderar la transición hacia un transporte sostenible en la región. Sin embargo, para consolidar esta transformación es necesario implementar una planificación integral que combine políticas públicas claras, incentivos económicos atractivos y una expansión eficiente de la infraestructura de carga. La adopción de buenas prácticas internacionales y la cooperación interinstitucional serán fundamentales para que la electromovilidad se convierta en un motor de desarrollo económico, social y ambiental en el país.

6. RECOMENDACIONES

Para consolidar la transición hacia la electromovilidad y alcanzar los objetivos de descarbonización, se presentan las siguientes recomendaciones: En primer lugar, es esencial fortalecer los incentivos económicos y fiscales mediante exoneraciones tributarias, subsidios y mecanismos de financiamiento que permitan reducir las barreras de entrada a la tecnología eléctrica. Estas medidas deben ir acompañadas de políticas claras que promuevan la integración de tecnologías limpias en flotas públicas y privadas.

Asimismo, se recomienda ampliar y diversificar la infraestructura de carga, priorizando no solo las zonas urbanas, sino también las áreas rurales y turísticas. Esto requiere establecer alianzas público-privadas que garanticen una cobertura nacional eficiente y accesible para todos los usuarios. De igual manera, es fundamental establecer un marco normativo robusto que incluya estándares para nuevos desarrollos inmobiliarios y fomente la obligatoriedad de acometidas eléctricas para cargadores en edificaciones públicas y privadas. Por otro lado, se debe impulsar la educación y concienciación pública mediante campañas informativas que destaquen los beneficios económicos, ambientales y sociales de la electromovilidad. Estas iniciativas son clave para superar la resistencia al cambio y fomentar una cultura de sostenibilidad en el país. Finalmente, se busca fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica, especialmente en áreas como el reciclaje de baterías, el almacenamiento de energía y los sistemas de gestión energética. Este enfoque permitirá a Ecuador no solo adoptar tecnologías existentes, sino también desarrollar soluciones propias adaptadas a su realidad. Integrar las mejores prácticas de países líderes en la región, como Costa Rica, Colombia y Chile, asegurará que estas acciones sean efectivas y alineadas con los objetivos globales de sostenibilidad.

7. Bibliografía

- 24 Horas. (2024). *Ventas de autos eléctricos logran nuevo récord en Chile*. 24 Horas. <https://www.24horas.cl/>
- Aduana de Ecuador. (2023a). *Pronunciamento del SRI en materia tributaria: Impuesto al Valor Agregado (IVA) e Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) para varias mercancías*. Aduana de Ecuador. <https://www.aduana.gob.ec/gaceta-boletin/pronunciamento-del-sri-en-materia-tributaria-impuesto-al-valor-agregado-iva-e-impuesto-a-los-consumos-especiales-ice-para-varias-mercancias/>
- Aduana de Ecuador. (2023b). *Pronunciamento del SRI en materia tributaria: Impuesto al Valor Agregado (IVA) e Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) para varias mercancías*. Aduana de Ecuador. <https://www.aduana.gob.ec/gaceta-boletin/pronunciamento-del-sri-en-materia-tributaria-impuesto-al-valor-agregado-iva-e-impuesto-a-los-consumos-especiales-ice-para-varias-mercancias/>
- AFDC (Alternative Fuels Data Center). (2023). *All-Electric Vehicle diagram*. U.S. Department of Energy. <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>
- Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables. (2022). *PLIEGO TARIFARIO PARA LOS PROVEEDORES DEL SERVICIO DE CARGA DE ENERGÍA A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*.
- Agencia de Sostenibilidad Energetica. (2018). *Estudio de Movilidad Eléctrica en Chile*.
- Agencia Internacional de Energía. (2021). *The Role of Carbon Neutrality Policies*. Agencia Internacional de Energía. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>
- Agencia Internacional de Energía. (2022). *Global EV Outlook 2022: Securing supplies for an electric future*. Agencia Internacional de Energía. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- Agencia Internacional de Energía. (2023). *Global EV Outlook 2023: Trends and developments in battery technology*. Agencia Internacional de Energía. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- AleTech. (2023a). *BYD S1 Pro 2023*. <https://alemonterotech.com/product/byd-s1-pro-2023/>
- AleTech. (2023b). *La importación de vehículos eléctricos creció un 185% en 2022*. <https://alemonterotech.com/la-importacion-de-vehiculos-electricos-crecio-un-185-en-2022/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20reporte%20que%20contabiliza,Un%20crecimiento%20del%20185%25%20interanual>

- AleTech. (2024). *¿Cuáles fueron los modelos y marcas más importadas en Costa Rica en el 2023?* https://alemonterotech.com/cuales-fueron-los-modelo-y-marcas-mas-importadas-en-costa-rica-en-el-2023/#google_vignette
- ALMOTORES. (2024). *RENAULT KWID E-TECH*.
<https://almotoresrenault.com/vehiculos/renault-kwid-e-tech/>
- aló seguro. (2024). *COTIZA TU SEGURO DE AUTO ONLINE*.
<https://aloseguro.com/#/inicio>
- Alvarado-Espejo, J.-M. (2022). *Análisis de la Estrategia Nacional de Electromovilidad como alternativa de política pública en el sistema de transporte público urbano de la Ciudad de Loja*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/25055>
- Asociacion de Aseguradores de Chile A.G. (2022). *Portal del Asegurado Vehicular*.
<https://portal.aach.cl/tus-herramientas/portal-del-asegurado-vehicular/>
- Asociación Nacional Automotriz de Chile. (2023). *Informe de ventas de vehículos eléctricos en Chile*. <https://www.anac.cl/>
- Asociación Nacional Automotriz de Chile. (2024). *Ventas de vehículos eléctricos en Chile 2024*. <https://www.anac.cl/>
- ATLAS. (2024). *LA HOJA DE RUTA COLOMBIANA: CAMINO HACIA UNA MATRIZ ENERGÉTICA MÁS LIMPIA*. ATLAS. <https://es.atlasrenewableenergy.com/la-hoja-de-ruta-colombiana-camino-hacia-una-matriz-energetica-mas-limpia/>
- auteco. (2024). *ZHIDOU D2S*. <https://autecoblue.com/producto/zhidou-d2s/>
- AUTO Magazine. (2024). *Más puntos de carga para vehículos eléctricos en Ecuador*. AUTO Magazine. <https://automagazine.ec/en-ecuador-se-abren-mas-puntos-de-carga-para-vehiculos-electricos/>
- AutoBild. (2022). *Baterías de litio: tipos, ventajas e inconvenientes*. AutoBild.
<https://www.autobild.es/noticias/baterias-litio-tipos-ventajas-inconvenientes-1078491>
- AutoBild. (2023). Vídeo: Conducir el Audi RS e-tron GT a 256 km/h en la autobahn en silencio. *AutoBild*. <https://www.autobild.es/noticias/video-conducir-audi-rs-tron-gt-256-km-h-autobahn-silencio-824713>
- Autocosmos. (2024a). *BYD Dolphin EV: Precio y características en Ecuador*. Autocosmos. <https://www.autocosmos.com.ec/catalogo/2024/byd/dolphin-ev/94-hp/159637>
- Autocosmos. (2024b). *Los autos eléctricos más destacados en Chile*. Autocosmos.
<https://www.autocosmos.cl/>

- autocosmos. (2024). *Test Drive Tesla Model 3, los secretos del eléctrico más vendido de Chile*. <https://noticias.autocosmos.cl/2024/09/05/test-drive-tesla-model-3-los-secretos-del-electrico-mas-vendido-de-chile>
- Autofact. (2024). *Autos eléctricos más vendidos en Chile en 2024*. Autofact. <https://www.autofact.cl/blog/comprar-auto/mercado/electricos-mas-vendidos>
- Automagazine. (2023). *Impactos de la transición hacia los vehículos eléctricos en Ecuador*. Automagazine. <https://automagazine.ec/impactos-de-la-transicion-hacia-los-vehiculos-electricos-en-ecuador/>
- Autos de Primera. (2023). *Top 10 vehículos eléctricos más vendidos en Colombia 2023*. Autos de Primera. <https://autosdeprimera.com/top-10-vehiculos-electricos-mas-vendidos-colombia-2023/>
- Banco Centroamericano de Integración Económica. (2023). *Proyectos de energía eléctrica renovable respaldados por el BCIE en Costa Rica aportan más del 20% de la generación total del país*. Banco Centroamericano de Integración Económica. <https://www.bcie.org/novedades/noticias/articulo/proyectos-de-energia-electrica-renovable-respaldados-por-el-bcie-en-costa-rica-aportan-mas-del-20-de-la-generacion-total-del-pais>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *Electromovilidad: una oportunidad de transporte sostenible*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://www.google.com/search?q=Electromovilidad%3A+una+oportunidad+de+transporte+sostenible+https%3A%2F%2Fblogs.iadb.org&oq=Electromovilidad%3A+una+oportunidad+de+transporte+sostenible+https%3A%2F%2Fblogs.iadb.org&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIGCAEQRRg60gEJMTE2MjRqMGo3qAIAAsIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Ecuador impulsará la transición energética y la promoción de inversiones con apoyo del BID*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://www.iadb.org/es/noticias/ecuador-impulsara-la-transicion-energetica-y-la-promocion-de-inversiones-con-apoyo-del-bid>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Proyecto de apoyo a la transición energética en Ecuador (EC-T1452)*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://www.iadb.org/es/proyecto/EC-T1452>
- Banco ProCredit. (2023). *Financiamiento para adquisición de vehículos eléctricos*. Banco ProCredit. <https://www.motorterra.com/banco-procredit-otorga-financiamiento-para-la-adquisicion-de-vehiculos-electricos-skywell-et5/>
- Banco Promerica. (2023). *Créditos de Consumo*. <https://www.promerica.fi.cr/banca-de-personas/creditos-de-consumo/vehiculos-eficientes-creditos-verdes/>
- bbcl. (2024). *Inédito programa capacita a instaladores eléctricos en Bío Bío para impulsar electromovilidad nacional*. <https://www.biobiochile.cl/especial/aqui->

tierra/noticias/2024/07/30/inedito-programa-capacita-a-instaladores-electricos-en-bio-bio-para-impulsar-electromovilidad-nacional.shtml

BID. (2019). *La matriz energética de Colombia se renueva*. BID.

<https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>

BioBioChile. (2024). *Comité de expertos presenta 14 medidas para acelerar transición a la carbono neutralidad*. BioBioChile. <https://www.biobiochile.cl/especial/aqui-tierra/noticias/2024/10/10/comite-de-expertos-presenta-14-medidas-para-acelerar-la-transicion-a-la-carbono-neutralidad-en-chile.shtml>

BNCR. (2023). *EL PAÍS CUENTA CON 9 ESTACIONES DE RECARGA PARA SU VEHÍCULO ELÉCTRICO COMPARTIR*. <https://www.bnrcr.fi.cr/el-pa%C3%ADs-cuenta-con-9-estaciones-de-recarga-para-su-veh%C3%ADculo-el%C3%A9ctrico#:~:text=En%20un%20esfuerzo%20por%20llevar,puedan%20recargar%20su%20veh%C3%ADculo%20el%C3%A9ctrico.>

Busworld Latin America. (2023). *Ecuador at the gates of the decisive step of electromobility*. Busworld Latin America.

<https://www.busworldlatinamerica.org/en/news/ecuador-gates-decisive-step-electromobility>

BYD. (2024a). *BYD YUAN PLUS*. <https://www.byd.com/ec/car/yuan-plus>

BYD. (2024b). *BYD Yuan Pro*. <https://byd-auto.cl/modelos/byd-yuan-pro/>

CAF. (2021a). *Estudio de vulnerabilidad climática en Loja*.

<https://www.loja.gob.ec/noticia/2019-11/entregaran-estudios-definitivos-del-indice-de-vulnerabilidad-al-cambio-climatico>

CAF. (2021b). *Estudio de Vulnerabilidad Climática en Ciudades Intermedias:*

Portoviejo. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1816>

Car and Driver. (2024). *2025 Tesla Model 3*. <https://www.caranddriver.com/tesla/model-3>

Celec EP. (2023). *Los autos eléctricos no tendrán aranceles*. Celec EP.

<https://www.celec.gob.ec/termopichincha/noticias/los-autos-electricos-no-tendran-aranceles/>

CIIFEN. (2012). *Estrategia de la Provincia del Guayas frente a la Variabilidad y el Cambio Climático*. <https://ciifen.org/project/estudio-de-vulnerabilidad-y-estrategias-para-enfrentar-el-cambio-climatico-en-la-provincia-del-guayas-ecuador/>

CIRCONTROL. (2023). *Wallbox eHome & eHome Link*. www.circontrol.com

Climate Champions. (2021a). *Electric mobility is taking off in Latin America and the Caribbean*. Climate Champions. <https://climatechampions.unfccc.int/electric-mobility-is-taking-off-in-latin-america-and-the-caribbean/>

- Climate Champions. (2021b). *Electric mobility is taking off in Latin America and the Caribbean*. Climate Champions. Climate Champions. <https://climatechampions.unfccc.int>
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz. (2023). *Cargadores Semirápidos*. Compañía Nacional de Fuerza y Luz. <https://www.cnfl.go.cr/productos/cargadores-semirapidos>
- Correa-Barahona, D., Cárdenas-Calle, J., Torres-Maldonado, A., & Bernal-Reino, M. (2023). *Apoyo al Proceso Participativo en la Formulación del Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático (PLANMICC). Incorporación de la Movilidad Eléctrica al Transporte Público de Viajeros*.
- Delfino. (2020). *Arranca capacitación a operadores y choferes de buses eléctricos en Costa Rica*. 2020. <https://delfino.cr/2020/09/arranca-capacitacion-a-operadores-y-choferes-de-buses-electricos-en-costa-rica>
- Deutsche Gesellschaft für, & GIZ. (2021). *RETRATO DEL TRANSPORTE Y LA MOVILIDAD EN COSTA RICA*. www.giz.de
- Diario La Hora. (2024). *Loja será una de las 4 Ciudades MoVer para un futuro de movilidad sostenible*. *Loja Será Una de Las 4 Ciudades MoVer Para Un Futuro de Movilidad Sostenible*. <https://www.lahora.com.ec/loja/loja-sera-una-de-las-4-ciudades-mover-para-un-futuro-de-movilidad-sostenible/>
- Dobjani, S. (2024, April 23). *Dirigiendo los autobuses eléctricos hacia una transición justa*. <https://transformative-mobility.org/steering-e-buses-towards-a-just-transition/>
- economipedia. (2020). *Coste de financiación*. https://economipedia.com/definiciones/coste-de-financiacion.html?utm_source
- Edenred. (2024). *¿Cuánto cuesta el servicio de un carro?* <https://www.edenred.mx/blog/cuanto-cuesta-el-servicio-de-un-carro#:~:text=El%20costo%20de%20un%20servicio,mil%20500%20pesos%20en%20promedio.>
- Ekosnegocios. (2024). *Ecuador hacia la carbono neutralidad en 2050*. Ekosnegocios. <https://ekosnegocios.com/articulo/ecuador-hacia-la-carbono-neutralidad-en-2050>
- El Carro Colombiano. (2023a). *Beneficios para propietarios de carros eléctricos en Colombia*. El Carro Colombiano. <https://www.elcarrocolombiano.com>
- El Carro Colombiano. (2023b). *Carros eléctricos estarían exentos de IVA en Colombia: Esta es la propuesta*. El Carro Colombiano. <https://www.elcarrocolombiano.com/notas-de-interes/carros-electricos-estarian-exentos-de-iva-en-colombia-esta-es-la-propuesta/>
- El Carro Colombiano. (2023c). *Estaciones de carga para carros eléctricos en Colombia*. El Carro Colombiano. <https://www.elcarrocolombiano.com/notas-de-interes/bogota-recibe-nuevas-estaciones-de-carga-para-carros-electricos-conozca-donde/>

- El Carro Colombiano. (2023d). *Estaciones de carga para carros eléctricos en Colombia: Nueva reglamentación*. El Carro Colombiano.
<https://www.elcarrocolombiano.com/movilidad/estaciones-de-carga-para-carros-electricos-en-colombia-tiene-nueva-reglamentacion-de-que-se-trata/>
- El Carro Colombiano. (2023e). *Zhidou D2S, el carro eléctrico más vendido en Colombia en 2023: Qué tal es, precio*. El Carro Colombiano.
<https://www.elcarrocolombiano.com/resenas/zhidou-d2s-carro-electrico-mas-vendido-en-colombia-2023-que-tal-es-precio/>
- El Economista. (2022). *¿Cuánto cuesta el mantenimiento de un carro eléctrico?*
<https://www.economista.net/tendencias/Cuanto-cuesta-el-mantenimiento-de-un-carro-electrico-20220913-0023.html>
- El Espectador. (2023). *¿Cómo está Colombia en transición energética? Oportunidades y desafíos*. El Espectador. <https://www.elspectador.com/especiales/como-esta-colombia-en-transicion-energetica-oportunidades-y-desafios/>
- El Herald. (2024). *Actualización del PUGS 2033*. El Herald.
<https://www.elheraldo.com.ec/pdot-2050-y-pugs-2033-en-vigencia/>
- El Mercurio. (2024, July 8). *Usan imágenes satelitales para ordenamiento territorial en Azogues*. El Mercurio. <https://elmercurio.com.ec/2024/07/08/usan-imagenes-satelitales-para-ordenamiento-territorial-en-azogues/>
- El Mercurio de Manta. (2023, August 24). *Nueva obra de alumbrado público conectará tres cantones manabitas*. El Mercurio de Manta.
<https://elmercuriomanta.ec/index.php/2023/08/24/nueva-obra-de-alumbrado-publico-conectara-tres-cantones-manabitas/>
- El Mercurio de Manta. (2024, January 24). *CNEL EP Manabí instaló 320 luminarias LED en 27 sectores de la zona norte*. El Mercurio de Manta.
<https://elmercuriomanta.ec/index.php/2024/01/24/cnel-ep-manabi-instalo-320-luminarias-ledes-en-27-sectores-de-la-zona-norte/>
- El Motor. (2017). *¿Cuánto cuesta el mantenimiento de un Tesla?*
[https://motor.elpais.com/coches-electricos/cuanto-cuesta-el-mantenimiento-de-un-tesla/#:~:text=El%20coste%20de%20las%20intervenciones,kil%C3%B3metros\)%20de%20un%20Model%20X.](https://motor.elpais.com/coches-electricos/cuanto-cuesta-el-mantenimiento-de-un-tesla/#:~:text=El%20coste%20de%20las%20intervenciones,kil%C3%B3metros)%20de%20un%20Model%20X.)
- El Motor. (2022). *Cuánto consume un coche eléctrico y cómo calcularlo*.
<https://motor.elpais.com/coches-electricos/cuanto-consume-un-coche-electrico-y-como-calcularlo/>
- El Observador. (2023). *Costa Rica lidera el tratamiento de baterías de autos eléctricos en América Latina: cooperación y legislación mitigan efectos en el ambiente*.
<https://observador.cr/costa-rica-lidera-el-tratamiento-de-baterias-de-autos-electricos-en-america-latina-cooperacion-y-legislacion-mitigan-efectos-en-el-ambiente/>

- El País. (2023). *El estudio que confirma los beneficios de los eléctricos para la salud*. El País. <https://motor.elpais.com/coches-electricos/el-estudio-que-confirma-los-beneficios-de-los-electricos-para-la-salud/>
- El Periódico de la Energía. (2023). *El precio de las baterías de iones de litio alcanza un mínimo histórico de 139 \$/kWh*. https://elperiodicodelaenergia.com/precio-baterias-iones-litio-alcanza-minimo-historico-139-kwh/#google_vignette
- El Universo. (2021). *Emisión de gases que contribuyen al cambio climático se incrementó el 72% de 2021 a 2022 en Ecuador*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/informes/emision-de-gases-que-contribuyen-al-cambio-climatico-se-incremento-el-72-de-2021-a-2022-en-ecuador-nota/>
- El Universo. (2023). *¿Cuántos y dónde están los puntos de carga electrolinerías para carros electrificados y por qué impulsar una movilidad eléctrica en Ecuador?* El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/informes/cuantos-y-donde-estan-los-puntos-de-carga-electrolinerias-para-carros-electrificados-y-por-que-impulsar-una-movilidad-electrica-en-ecuador-nota/>
- El Universo. (2024). *¿Cuántos y dónde están los puntos de carga (electrolinerías) para carros electrificados y por qué impulsar una movilidad eléctrica en Ecuador?* El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/informes/cuantos-y-donde-estan-los-puntos-de-carga-electrolinerias-para-carros-electrificados-y-por-que-impulsar-una-movilidad-electrica-en-ecuador-nota/>
- Electric Vehicle Database. (2023a). *BYD DOLPHIN 60.4 kWh*. https://ev-database.org/car/1919/BYD-DOLPHIN-604-kWh#google_vignette
- Electric Vehicle Database. (2023b). *BYD DOLPHIN 60.4 kWh*. https://ev-database.org/car/1919/BYD-DOLPHIN-604-kWh#google_vignette
- Electromaps. (2024a). *Estaciones de carga en Costa Rica*. Electromaps. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/costa-rica>
- ELECTROMAPS. (2024). *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Costa Rica*. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/costa-rica#:~:text=La%20base%20de%20datos%20de,cargar%20sus%20veh%C3%ADculos%20con%20facilidad.>
- Electromaps. (2024b). *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Ecuador*. Electromaps. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/ecuador>
- Electromaps. (2024c). *Puntos de carga en Colombia*. Electromaps. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/colombia>
- Electromaps. (2024d, November). *Distribución de puntos de carga para vehículos eléctricos en Chile por región*. Electromaps. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/chile>

- Electromov. (2023). *Venta de vehículos eléctricos alcanza 3.510 unidades comercializadas en Chile en el primer semestre de 2023*. Electromov. <https://www.electromov.cl/2023/07/07/venta-de-vehiculos-electricos-alcanza-3-510-unidades-comercializadas-y-un-crecimiento-de-89-el-primer-semestre/>
- Electromovilidad. (2023). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*. Electromovilidad. <https://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>
- Elements Group. (2024). *Situación de la energía eléctrica en el Ecuador 2024*. Elements Group. <https://www.elementsgroup.com.ec/situacion-energia-electrica-en-el-ecuador-2024/#:~:text=Este%20an%C3%A1lisis%20sugiere%20un%20compromiso,la%20matriz%20energ%C3%A9tica%20del%20pa%C3%ADs.&text=Ecuador%20cuenta%20con%20una%20capacidad,MW%20proviene%20de%20energ%C3%ADas%20renovables.>
- Empresa Eléctrica Quito. (2023). *Avanza cambio de luminarias con tecnología LED*. Empresa Eléctrica Quito. <https://www.eeq.com.ec/w/avanza-cambio-de-luminarias-con-tecnologia-led>
- En+ Tech. (2023). *EV Battery Guide 101: Everything You Need to Know*. En+ Tech. <https://blog.en-plustech.com/es/ev-battery-guide-101/>
- E&N. (2023). *¿Qué países pagan la factura de energía más alta de Latinoamérica?* <https://www.revistaeyn.com/centroamericaymundo/que-paises-pagan-la-factura-de-energia-mas-alta-de-latinoamerica-FH13145000>
- Enel X. (2023a). *Costos y rendimientos de un auto eléctrico*. Enel X. <https://www.enelx.com/co/es/historias/costos-y-rendimientos-de-un-auto-electrico>
- Enel X. (2023b). *Costos y rendimientos de un auto eléctrico en Colombia*. <https://www.enelx.com/co/es/historias/costos-y-rendimientos-de-un-auto-electrico>
- Enel X. (2024). *Avances en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos*. Enel X. <https://www.enelx.com/co/es/historias/infraestructura-de-recarga-de-vehiculos-electricos>
- Enel X Store. (2024). *Cargadores para autos eléctricos*. <https://www.enelxstore.com/cl/es/e-shop/movilidad-electrica/cargador-electrico/cargador-para-auto-electrico-waybox-residencial>
- Energy Information Administration. (2023). *Electricity explained: What is electricity?* Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/>
- Esmartcity. (2024). *Sistema de telegestión de luminarias públicas LED en Loja, Ecuador*. Esmartcity. <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-sistema->

telegestion-luminarias-publicas-led-casco-urbano-central-ciudad-loja-ecuador?utm_source

- Fayals. (2023). *Autos eléctricos más vendidos en Ecuador en 2023*. Fayals. <https://www.fayals.com/2023/06/Autos-electricos-mas-vendidos-Ecuador-2023.html>
- FENALCO, A. (2024). *Informe de ventas y adopción de vehículos eléctricos en Colombia*.
- Ferrovial. (2023). *¿Cómo funcionan las baterías de los coches eléctricos?* Ferrovial. <https://www.ferrovial.com/es/stem/bateria-de-coche-electrico/>
- ferrovial. (2024). *¿Qué tipos de baterías de coches eléctricos hay?* <https://www.ferrovial.com/es/stem/bateria-de-coche-electrico/#:~:text=Li%2Don%3A%20bater%C3%ADas%20de%20iones,sal%20de%20litio%20como%20electrolito.>
- Financionario. (2024). *¿Qué es el Precio de Reventa?* https://financionario.com/definicion-precio-de-reventa?utm_source
- FLACSO Andes. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador: ENCC 2012 - 2025*. <https://www.gob.ec/regulaciones/95-politica-estrategia-nacional-cambio-climatico>
- GAD Municipal de Cuenca. (2022). *PDOT PUGS 2022*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca. <https://www.cuenca.gob.ec>
- GAD Municipal del Cantón Cuenca. (2015). *PDOT 2015 Cuenca*.
- GEELY. (2024). *TU PRIMER SUV 100% ELÉCTRICO CON 380 KM* DE NUEVAS AVENTURAS POR RECORRER*. <https://www.geely.cr/vehiculos/geometry-e/>
- GEM WIKI. (2023). *Perfil energético: Colombia*. GEM WIKI. https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Colombia
- Generadoras de Chile. (2023). *Energías solar y eólica se convierten en las principales fuentes de generación energética en Chile*. <https://generadoras.cl/prensa/energias-solar-y-eolica-se-convierten-en-las-principales-fuentes-de-generacion-energetica-en-chile>
- GIZ. (2021). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Ambato: Resumen Ejecutivo*. GIZ. <https://www.euroclima.org/idiomas/plan-movilidad-urbana-sostenible-de-ambato-resumen-ejecutivo>
- GIZ. (2023). *Estudio de análisis y prospectiva de la electromovilidad en Ecuador y el mix energético al 2030*.
- GIZ, & BMU. (2022). *¡BUSES ELÉCTRICOS PARA COSTA RICA! APRENDIZAJES DE UN PROYECTO PILOTO Y RECOMENDACIONES PARA EL ESCALAMIENTO*. www.giz.de

- Global Petrol Prices. (2024a). *Precios de electricidad en Colombia*. Global Petrol Prices. https://es.globalpetrolprices.com/Colombia/electricity_prices/
- Global Petrol Prices. (2024b). *Precios de la electricidad en Chile*. https://www.globalpetrolprices.com/Chile/electricity_prices/
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo. (2023). *Plan Portoviejo 2035: La mejor ciudad para vivir del Ecuador*. <https://content.bhybrid.com/publication/df513425/mobile/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca. (2024). *Plan de Movilidad Sostenible de Cuenca*. <https://ayuntamiento.cuenca.es/pmus>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Manta 2020-2035*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Manta. (2024). *Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) de Manta - Actualización Octubre 2024*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Manta.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito. (2015). *Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Ambato. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Ambato 2050*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato. (2022). *Ordenanza de aprobación del Plan de Uso y Gestión del Suelo 2033*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato. <https://gadmatic.ambato.gob.ec/lotaip/2022/Enero/anexo%20literal%20m/Boletines/540%20Concejo%20Municipal%20de%20Ambato%20aprob%20C3%B3%20el%20PUGS%202033.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato. (2024). *Compromisos de movilidad sostenible en Ambato*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato. <https://movilidadesostenible.ambato.gob.ec/compromisos/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Guayaquil 2021-2023*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ibarra. (2024). **PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE IBARRA**.
- Gobierno de Chile. (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile-2050*.
- Gobierno de Chile. (2022). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*. <https://www.gob.cl/noticias/lanzamiento-estrategia-nacional-de-electromovilidad-gobierno-anuncia-que-al-2035-se-venderan-solo-vehiculos-electricos-en-chile/>
- Gobierno de Colombia. (2021). *Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050*.

- Híbridos y Eléctricos. (2023). *China refuerza los incentivos para la compra de coches eléctricos*. Híbridos y Eléctricos. https://www.hibridosyelectricos.com/coches/china-incentivos-compra-coche-electrico_75273_102.html
- IBERPLUG. (2024). *Wallbox Pulsar Plus*. <https://www.iberplug.es/cargadores-domesticos/wallbox-pulsar-plus/>
- ice. (2022). *Electromovilidad*. <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/servicios/electromovilidad>
- ice, & Muñoz Castillo Bernal. (2018). *Mitos, Realidades y Ventajas de los Vehículos Eléctricos*.
- idoneo. (2022). *¿Qué es el TCO y cómo afecta a la gestión de flotas?* <https://idoneo.es/guias/gestion-flotas/tco>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2022). *Instituto Costarricense de Electricidad*.
- International Energy Agency. (2022). *Global EV Outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- International Energy Agency (IEA). (2021). *Ecuador - Países y regiones - IEA*. International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/countries/ecuador>
- intuit creditkarma. (2022). *¿Cómo funcionan los intereses de un préstamo de auto?* https://www.creditkarma.com/es/autos/i/intereses-prestamo-de-auto?utm_source
- IVACE. (2021). *Noruega: Vehículos eléctricos y su adopción en el mercado*. Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial. IVACE. https://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Noruega/Noruegavehicelectricosicex2021.pdf
- Kalra, N., Molina-Perez, E., Syme, J., Esteves, F., Cortés, H., Tonatiuh, M., Víctor, R.-C., Espinoza-Juárez, M., Jaramillo, M., Baron, R., Alatorre, C., Buttazzoni, M., & Vogt-Schilb, A. (2023). *Costos y beneficios de lograr la carbono-neutralidad en América Latina y el Caribe*.
- KPN. (2024). *Regulaciones y normativas para vehículos eléctricos en Chile*. <https://kpnenergy.com/regulaciones-normativas-vehiculos-electricos-chile/>
- La República. (2023a). *Costa Rica ya tiene 249 puntos de carga para autos eléctricos en las siete provincias*. <https://origin.larepublica.net/noticia/costa-rica-ya-tiene-249-puntos-de-carga-para-autos-electricos-en-las-siete-provincias>
- La República. (2023b). *Wallbox y los coches traen al mercado cargadores inteligentes para autos eléctricos*. La República. <https://www.larepublica.co/empresas/wallbox-y-los-coches-traen-al-mercado-cargadores-inteligentes-para-autos-electricos-3433656>

- La República. (2024a). *7 mitos y verdades más comentados en redes sociales sobre las baterías de autos eléctricos*. <https://www.larepublica.net/noticia/7-mitos-y-verdades-mas-comentados-en-redes-sociales-sobre-las-baterias-de-autos-electricos#:~:text=La%20gran%20mayor%20C3%ADa%20de%20concesionarios,3%20mil%20ciclos%20de%20carga.>
- La República. (2024b). *Arranca carrera por las redes de carga: Concesionarios compiten más allá de los autos eléctricos*. <https://www.larepublica.net/noticia/arranca-carrera-por-las-redes-de-carga-concesionarios-compiten-mas-alla-de-los-autos-electricos>
- La República. (2024c). *¿Tiene un proyecto innovador en movilidad eléctrica? Concurso premiará las mejores propuestas*. <https://www.larepublica.net/noticia/tiene-un-proyecto-innovador-en-movilidad-electrica-concurso-premiara-las-mejores-propuestas>
- La Tercera. (2023). *Los autos eléctricos son los que más pierden su valor en cinco años*. <https://www.latercera.com/mtonline/noticia/los-autos-electricos-son-los-mas-pierden-su-valor-en-cinco-anos/STOUI3NNPFDPKATNPA7RC7KSU/#>
- La Tercera. (2024). *Tesla lidera ventas de autos eléctricos en Chile versus BYD*. La Tercera. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/ventas-de-autos-electricos-en-chile-siguen-al-alza-y-tesla-confirma-su-liderazgo-frente-a-byd/ZOVHM3VRD5CMTMWKIMNH5ZXDOU/>
- Latam Mobility. (2023). *Blink Charging to Market Electric Vehicle Charging Stations in Colombia*. Latam Mobility. <https://latamobility.com>
- Leapmotor Ecuador. (2023). *Preguntas frecuentes sobre vehículos eléctricos y su mantenimiento en Ecuador*. Leapmotor Ecuador. <https://www.leapmotor.ec/preguntas-frecuentes>
- Ley 1964, Diario Oficial de Colombia (2019).
- López-Hernández, V., Hilbert, I., Gascón Castellero, L., Manhart, A., García, D., Nkongdem, B., Dumitrescu, R., Sucre, C. G., & Ferreira Herrera, C. (2024). *Revisión analítica de prácticas globales y regionales*.
- Lopez-Hernandez, V., & Manharts, A. (2023). Mejorando la circularidad de las baterías de los buses eléctricos: Aspectos relevantes para compradores, operadores y responsables políticos. *Lopez-Hernandez, Viviana; Manharts, Andreas*.
- LugEnergy. (2024). *Mennekes para coche eléctrico: Qué es y cómo funciona*. LugEnergy. <https://www.lugenergy.com/mennekes-coche-electrico/>
- MDPI. (2023). *Location of Electric Vehicle Charging Stations in Inter-Andean Corridors Considering Road Altitude and Nearby Infrastructure*. Sustainability. MDPI. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/24/16582>

- Metropol. (2023). *Medellín como referente de la movilidad eléctrica*. Publicación Institucional En Línea de Metropol.
<https://www.metropol.gov.co/paginas/noticias/elmetropolitano-entrevistas/medellin-es-un-referente-internacional-en-movilidad-electrica-edder-v.aspx#:~:text=Medell%C3%ADn%20es%20una%20ciudad%20I%C3%ADder,desarrollo%20urbano%20articulado%20al%20transporte>.
- Metro-Quito. (2024). *Conoce el Metro de Quito*. Metro-Quito. <https://metro-quito.com/conoce-el-metro-de-quito/>
- Metro's Primary Resources. (2011). *Los Angeles' First Diesel Buses: A Look Back At The Fleet & The 1943 Birth Of Smog*. Metro's Primary Resources.
<https://metroprimaryresources.info/los-angeles-first-diesel-buses-a-look-back-at-the-first-fleet-the-1943-birth-of-smog/441/>
- MINAE. (2019). *PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
<https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2017). Política Nacional de Cambio Climático. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia*.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. (2019). Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. *Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica*.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador. (2021). *Plan de Uso y Gestión del Suelo de Guayaquil*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda Del Ecuador.
- Ministerio de Energía. (2021). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*.
- Ministerio de Energía de Chile. (2021). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *Estrategia Nacional de Electromovilidad*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador. (2023). *Ministerio de Energía y ANETA apuestan por la movilidad eléctrica en el Ecuador*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador.
<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ministerio-de-energia-y-aneta-apuestan-por-la-movilidad-electrica-en-el-ecuador/>
- Ministerio de Obras Públicas. (2017). *Plan Nacional de Infraestructura para la Movilidad (2020-2050)*.

- Ministerio de Transporte de Colombia. (2023a). *Avances en la Movilidad Sostenible*. Informe Oficial Publicado Por El Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2023b). *E.N de Movilidad Eléctrica*. Ministerio de Transporte de Colombia. <https://www.mintransporte.gov.co/>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2023c). *En tres años, Colombia logra histórico avance en movilidad sostenible*. <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10504/en-tres-anos-colombia-logra-historico-avance-en-movilidad-sostenible/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2021). *Estrategia Nacional de Electromovilidad para Ecuador*. <https://www.obraspublicas.gob.ec>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas, & Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Estrategia Nacional de Electromovilidad para Ecuador*.
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2020). *MTT y BancoEstado incentivan la electromovilidad con la campaña “Muévete sin Dejar Huella.”* <https://www.mtt.gob.cl/archivos/27018>
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2012). *Estrategia Nacional del Cambio Climático*.
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2017a). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador ante la CMNUCC*. <https://www.ambiente.gob.ec/tercera-comunicacion-nacional/>
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2017b). *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. <https://www.ambiente.gob.ec/tercera-comunicacion-nacional/>
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2020). *MAE plantó 300 árboles de especies forestales en la Magdalena, Ibarra*. Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/mae-planto-300-arboles-de-especies-forestales-en-la-magdalena-ibarra/>
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2021a). *Ecuador lanza innovador programa para reducir emisiones y combatir el cambio climático*. Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-lanza-innovador-programa-para-reducir-emisiones-y-combatir-el-cambio-climatico/>
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2021b). *Plan de Implementación de la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional de Ecuador*.
- Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2022). *Plan Nacional de Transición hacia la Descarbonización*. <https://www.ambiente.gob.ec/ministerio-del-ambiente-inicio-la-construccion-del-plan-nacional-de-transicion-hacia-la-descarbonizacion/>

- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2017). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador*.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo 2050. Ministerio Del Medio Ambiente de Chile*.
- Mobility Portal. (2023a). *BYD en Ecuador y la red de carga rápida. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/byd-ecuador-red-carga-rapida/>
- Mobility Portal. (2023b). *Ecuador cuenta con red de carga en solo 3 ciudades. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/ecuador-cuenta-con-red-de-carga-en-solo-3-ciudades/>
- Mobility Portal. (2023c). *Ecuador debe sumar 1500 vehículos eléctricos al año para cumplir con Estrategia Nacional. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/vehiculos-electricos-ecuador/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20Estrategia%20Nacional%20de,poco%20m%C3%A1s%20de%20800%20unidades>
- Mobility Portal. (2023d). *Es oficial: Ecuador favorece a la movilidad eléctrica con la Ley de Transporte. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/es-oficial-ecuador-favorece-a-la-movilidad-electrica-con-la-ley-de-transporte/>
- Mobility Portal. (2023e). *Sin estándar ni una red extendida: Ecuador se queda atrás en infraestructura de carga. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/sin-estandar-ni-una-red-extendida-ecuador-se-queda-atras-en-infraestructura-de-carga/>
- Mobility Portal. (2023f). *Vehículos eléctricos en Ecuador. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/vehiculos-electricos-ecuador/>
- Mobility Portal. (2024a). *En 2025, ICE instalará 230 nuevos cargadores y acelerará la electromovilidad en Costa Rica. Mobility Portal*. <https://mobilityportal.lat/ice-instalara-230-nuevos-cargadores/>
- Mobility Portal. (2024b). *Gracias a las ventas de julio, Costa Rica experimenta un aumento del 55% de vehículos eléctricos en circulación.*
- Motor. (2023). *Los carros híbridos y eléctricos más vendidos en Colombia durante 2023. Motor*. <https://www.motor.com.co/industria/Los-carros-hibridos-y-electricos-mas-vendidos-en-Colombia-durante-2023-20240111-0002.html>
- Motor Terra. (2023). *Álvarez Barba impulsa la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. Motor Terra*. <https://www.motorterra.com/alvarez-barba-impulsa-la-infraestructura-de-carga-para-vehiculos-electricos/>
- MotorPlan Ecuador. (2023). *Guía completa para elegir un auto eléctrico o híbrido en Ecuador: modelos, precios, subsidios y más. MotorPlan Ecuador*. <https://www.motorplan-ecu.com/blog/guia-completa-para-elegir-un-auto-electrico-o-hibrido-en-ecuador-modelos-precios-subsidios-y-mas>

- Mundo Tuerca Ecuador. (2023). *Autos eléctricos en Ecuador y exención del IVA*. Mundo Tuerca Ecuador. <https://mundotuercaecuador.com/autos-electricos-ecuador-exencion-iva/>
- Municipio de Guayaquil. (2020). *Especificaciones técnicas de la Aerovía: Transporte aerosuspendido Guayaquil-Durán*. Municipio de Guayaquil.
- Municipio de Guayaquil. (2021). *Actualización del Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS)*. Municipio de Guayaquil. <https://www.guayaquil.gob.ec>
- Municipio de Ibarra. (2021). PLAN DE USO Y GESTION DEL SUELO. *Municipio de Ibarra*.
- Municipio de Loja. (2021). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL Loja-Ecuador*.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2021). *Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) 2021-2033*. Municipio Del Distrito Metropolitano de Quito.
- Noticias del Cañar. (2024, March 5). *Proyecto de Triciclos Eléctricos en Azogues - SOLUTIONSplus*. Proyecto de Triciclos Eléctricos En Azogues . <https://www.noticiasdelcanar.com/2024/03/05/implementaran-triciclos-electricos-en-azogues/>
- Noticias Coches. (2023). *Duración de la batería en coches eléctricos*. Noticias Coches. <https://noticias.coches.com/consejos/duracion-bateria-coche-electrico/436689>
- Observatorio del Principio 10. (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile-2050*. Observatorio Del Principio 10. <https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumento/estrategia-climatica-largo-plazo-chile-2050>
- observatorio laboral. (2020). *ELECTROMOVILIDAD EN CHILE*.
- Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible y la meta de Carbononeutralidad*. Organización de Las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Peñafiel, L. (2021). *PDOT Azogues*. <https://prezi.com/p/3zawbtkeoepcm/pdot-azogues/>
- PGR. (2018). *Reglamento de incentivos para el transporte eléctrico*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=86581&nValor3=0&strTipM=TC#:~:text=La%20Ley%20N%C2%B0%209518%20establece%20incentivos%20econ%C3%B3micos%20a%20los,hace%20referencia%20a%20ambos%20tipos.
- Plataforma de Electromovilidad. (2022a). *Aumentar la disponibilidad de estaciones de carga para vehículos eléctricos*.

https://energia.gob.cl/electromovilidad/compromiso-publico-privado/estaciones_de_carga

Plataforma de Electromovilidad. (2022b). *Beneficios de la Electromovilidad*.
<https://energia.gob.cl/electromovilidad/introduccion/beneficios-de-la-electromovilidad>

Plataforma de Electromovilidad. (2022c). *Desarrollar alternativas de financiamiento y servicios para la electromovilidad*.
https://energia.gob.cl/electromovilidad/compromiso-publico-privado/alternativas_de_financiamiento_y_servicios

Plataforma de Electromovilidad. (2022d). *Incorporar esta tecnología en flotas vehiculares propias o subcontratadas*.
https://energia.gob.cl/electromovilidad/compromiso-publico-privado/flotas_vehiculares

Plataforma Urbana y de Ciudades. (2024). *Herramientas: Transición hacia la electromovilidad en Costa Rica*.
<https://plataformaurbana.cepal.org/es/recursos/herramientas-transicion-hacia-la-electromovilidad-en-costa-rica>

PNUD. (2022). *Transporte genera el 42% de las emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica*. <https://www.undp.org/es/costa-rica/comunicados-de-prensa/transporte-genera-el-42-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-costa-rica>

PORTAL INNOVA. (2022). *Sector de transporte en Chile es responsable del 25,5% de las emisiones de GEI del país ¿Cómo aminorar estas cifras?*
<https://portalinnova.cl/sector-de-transporte-en-chile-es-responsable-del-255-de-las-emisiones-de-gei-del-pais-como-aminorar-estas-cifras/#:~:text=Medio%20ambiente-,Sector%20de%20transporte%20en%20Chile%20es%20responsable%20del%2025%2C5,pa%C3%ADs%20%C2%BFC%C3%B3mo%20aminorar%20estas%20cifras%3F>

Primicias. (2023). *Electrolineras en Ecuador: impulso hacia la sostenibilidad y el futuro eléctrico*. Primicias.
https://www.primicias.ec/nota_comercial/autos/actualidad/electrolineras-ecuador-impulso-sostenibilidad-futuro-electrico/

Primicias. (2024). *Carros híbridos y eléctricos ya son el 13% de las ventas en Ecuador*. Primicias. <https://www.primicias.ec/economia/carros-hibridos-electricos-ventas-modelos-precios-81130/#:~:text=Los%20carros%20h%C3%ADbridos%20representan%20el,el%20Automundo%202024%2C%20en%20Quito.>

- Proamazonia. (2024). *Planificación y Ordenamiento Territorial*.
<https://www.proamazonia.org/politicas-e-institucionalidad/planificacion-y-ordenamiento-territorial/>
- Pulles, T., Sammyr, A., Aguirre, S., & Matias, S. (2021). *Percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito*. Percepción de Vehículos Eléctricos En La Ciudad de Quito.
- Quintana, P., Acurio, H., Fonseca, J., Vaca, A., & Villacrés, S. (2023). *ELECTROMOVILIDAD DIGITAL 2023*.
- raisin. (2024). *Interés simple y compuesto: características y diferencias*.
<https://www.raisin.es/educacion-financiera/diferencias-interes-simple-compuesto/>
- Rastreador. (2024). *Seguros para coches eléctricos*. https://www.rastreador.com/seguros-de-coche/seguro-coche-electrico?utm_source
- Resolución 40123 de 2024 Sobre Electromovilidad., Resolución oficial publicada por el Ministerio de Minas y Energía (2024).
- Revista Autocrash. (2023). *Nissan X-Trail e-Power: Gracias a su impulso eléctrico sin enchufes, es exento de pico y placa*. Revista Autocrash.
<https://www.revistaautocrash.com/nissan-x-trail-e-power-gracias-a-su-impulso-electrico-sin-enchufes-es-exento-de-pico-y-placa/>
- Ruiz-Huéscar, J., Bueno-Cadena, C., Iturra, C., Bueno, J., Campos, R., Calderón, F., López, V., Bilbao, A., Fernanda Calderón, M., Moncayo, G., Agencia, P., Avila, M., Salamea, B., Burgos, G., Correa, D., Palacios, B., Elisa Torres, A., Chalhoub, G., Jaramillo, D., ... Revelo, J. (2023). *Plan de electromovilidad de CUENCA*.
<https://transformative-mobility.org/>
- SAFE LEMON. (2024a). *¿Eléctrico o a Combustión? Costos de Mantenimiento*.
https://www.safelemon.com/seguro-auto/electrico-o-a-combustion-costos-de-mantenimiento?utm_source
- SAFE LEMON. (2024b). *JAC eJS1: la movilidad eléctrica se vuelve accesible*.
<https://www.safelemon.com/seguro-auto/jac-ejs1-la-movilidad-electrica-se-vuelve-accesible>
- SECAP. (2023). *SECAP dicta curso de reparación de autos híbridos en Pichincha*. SECAP. <https://www.secap.gob.ec/secap-dicta-curso-de-reparacion-de-autos-hibridos-en-pichincha/>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2019). Folletos de planificación provincial. *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*.
- Segura Navarro Minor. (2018). *Automóviles eléctricos y sus baterías: un reto ambiental para Costa Rica*.

- Semana. (2023a). *Esto es lo que costaría mantener un carro eléctrico en Colombia mensualmente*. Semana. <https://www.semana.com/finanzas/consumo-inteligente/articulo/esto-es-lo-que-costaria-mantener-un-carro-electrico-en-colombia-mensualmente/202413/>
- Semana. (2023b). *Estos son los beneficios tributarios por tener un carro eléctrico en Colombia*. Semana. <https://www.semana.com/economia/macroeconomia/articulo/estos-son-los-beneficios-tributarios-por-tener-un-carro-electrico-en-colombia/202201/>
- Serenovables. (2023). *Mantenimiento de la batería de vehículos eléctricos*. Serenovables. <https://serenovables.com/mantenimiento-de-la-bateria/>
- Smart Wallboxes. (2023). *Cargadores de vehículos eléctricos en Ecuador: Costos y TCO*. Smart Wallboxes. <https://www.smartwallboxes.com/cargador-para-coche-electrico-tipo-2/>
- Statista. (2022). *Global electric car sales doubled in 2021*. Statista. <https://www.statista.com/chart/26845/global-electric-car-sales/>
- Superintendencia de Ordenamiento Territorial. (2021a). *El PDOT: ¿Qué es, cómo y cuándo formularlo?* <https://www.sot.gob.ec/2021/09/07/el-pdot-que-es-como-y-cuando-formularlo/>
- Superintendencia de Ordenamiento Territorial. (2023). *GAD corregirá tratamientos urbanísticos en el PUGS*. Superintendencia de Ordenamiento Territorial. <https://www.sot.gob.ec/2023/04/18/gad-corregira-tratamientos-urbanisticos-en-el-pugs/>
- Superintendencia de Ordenamiento Territorial, U. y G. del S. (2021b). *El PUGS: una herramienta muy importante para los GADM*. <https://www.sot.gob.ec/2021/09/07/el-pugs-una-herramienta-muy-importante-para-los-gadm/#:~:text=El%20PUGS%20es%20un%20instrumento,herramienta%20importante%20para%20la%20planificaci%C3%B3n.>
- TESLA. (2024). *Consumo de energía del vehículo*. https://www.tesla.com/es_es/support/power-consumption
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2024). *Vehículos eléctricos ayudan a Ecuador a alcanzar sus objetivos climáticos*. UNEP (Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente). <https://www.unep.org/es/destacado-tecnico/vehiculos-electricos-ayudan-ecuador-alcantar-sus-objetivos-climaticos#:~:text=Los%20expertos%20se%20alan%20que%20esto,la%20neutralidad%20clim%C3%A1tica%20para%202050.>

- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2023). *¿Qué es el Acuerdo de París?* United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/es/most-requested/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- Universidad de los Andes. (2024). *Así avanza la descarbonización de transporte de carga en Colombia*. Universidad de Los Andes. <https://administracion.uniandes.edu.co/noticias/asi-avanza-la-descarbonizacion-de-transporte-de-carga-en-colombia/>
- V2Charge. (2023). *¿Cómo ayudan los coches eléctricos al medio ambiente?* V2Charge. <https://v2charge.com/es/como-ayudan-coches-electricos-medio-ambiente/>
- Vargas, L. (2022). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book Co.
- Vistazo. (2023). *La red de electrolineras crece en Ecuador con un nuevo punto de carga*. Vistazo. <https://www.vistazo.com/enfoque/la-red-de-electrolineras-crece-en-ecuador-con-un-nuevo-punto-de-carga-BM5493388>
- Xataka. (2023). *Cuántos puntos de carga para vehículos eléctricos hay en Colombia y cómo encontrarlos*. Xataka. <https://www.xataka.com.co/vehiculos/cuantos-puntos-carga-para-vehiculos-electricos-hay-colombia-como-encontrarlos>

8. ANEXOS

Anexo 1, Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Costa Rica

1.1 Adquisición de vehículos:

1.1.1 Regulación:

Mandato de vehículos cero emisiones y estándares de consumo energético

La regulación es un componente fundamental en la transición hacia la electromovilidad en Costa Rica. El mandato de vehículos de cero emisiones y los estándares de consumo energético están diseñados para reducir las emisiones de CO₂ provenientes del transporte, uno de los sectores más contaminantes del país, representando el 42% de las emisiones totales (PNUD, 2022).

La Ley 9518 fue clave para implementar esta regulación, ya que establece incentivos para la compra de vehículos eléctricos y dicta la obligatoriedad para que las flotas del sector público se conviertan progresivamente en vehículos eléctricos. Este enfoque no solo alinea a Costa Rica con sus objetivos climáticos, sino que también reduce la dependencia de combustibles fósiles importados, lo que tiene un impacto positivo en la economía local y la seguridad energética (PGR, 2018).

1.1.2 Metas:

Planificación y estrategias de largo plazo

Las metas a largo plazo son esenciales porque proporcionan una visión clara del futuro y establecen puntos de referencia con los que medir el progreso. En el caso de Costa Rica, el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 establece metas concretas, como la electrificación completa del parque vehicular para 2050. Estos objetivos incluyen la adopción de tecnologías limpias y la reducción gradual de los vehículos de combustión interna. Esta planificación no solo es importante para combatir el cambio climático, sino que también facilita la coordinación interinstitucional y las alianzas público-privadas necesarias para desarrollar la infraestructura y tecnologías requeridas para la movilidad eléctrica (MINAE, 2019).

1.1.3 Incentivos directos para vehículos particulares:

Subsidios, facilidades para la compra, reducción del IVA, tarifas eléctricas reducidas

Los incentivos económicos juegan un papel crucial para hacer que los vehículos eléctricos sean más accesibles para el público. A través de la Ley 9518, Costa Rica ofrece subsidios y exoneraciones fiscales, como la reducción del IVA (13%) y tarifas eléctricas más bajas para la carga de vehículos eléctricos. Estos incentivos están diseñados para mitigar el costo inicial de los vehículos eléctricos, que históricamente ha sido una de las principales barreras para su adopción masiva. La implementación de tarifas eléctricas reducidas también contribuye a que la operación de estos vehículos sea más económica en comparación con los de combustión interna, haciendo más atractivo el cambio hacia tecnologías limpias (PGR, 2018).

1.1.4 Incentivos indirectos para vehículos particulares:

Reducción de impuestos y tarifas de permisos

En Costa Rica, la Ley N° 9518 establece incentivos importantes para promover la adopción de vehículos eléctricos. Entre ellos, destaca la exoneración del IVA (13%) y los aranceles de importación, lo que reduce significativamente los costos de adquisición. Además, se aplica una reducción en las tarifas de los permisos de circulación y se eximen los vehículos eléctricos de las restricciones vehiculares como el "pico y placa". Estos incentivos han facilitado el aumento en la adopción de vehículos eléctricos, contribuyendo a la reducción de emisiones en el sector transporte (PGR, 2018).

1.1.5 Incentivos para flotas:

Subvenciones para flotas públicas y privadas, recambio tecnológico en taxis y autobuses

El gobierno de Costa Rica ha desarrollado un sistema de subvenciones para facilitar la adopción de vehículos eléctricos en flotas de taxis y autobuses, con el objetivo de modernizar el transporte público. Este recambio tecnológico es fundamental, ya que los autobuses y taxis son responsables de una parte significativa de las emisiones del sector

transporte. Además, los autobuses eléctricos tienen costos operativos más bajos, lo que a largo plazo resulta beneficioso tanto para las empresas como para los usuarios (GIZ & BMU, 2022).

1.1.6 Rol del sector público:

Proyectos piloto, desarrollo de tecnología, flotas de autobuses eléctricos

El sector público en Costa Rica ha jugado un papel central en la implementación de proyectos piloto que permiten probar la viabilidad de los vehículos eléctricos en flotas de autobuses urbanos. El **Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)** ha sido un actor clave en este sentido, financiando la instalación de puntos de carga y coordinando el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la electromovilidad. Estos proyectos piloto son esenciales para recopilar datos y ajustarse a las necesidades locales, lo que a su vez contribuye a la expansión masiva de los autobuses eléctricos (ice, 2022).

1.2 Desarrollo de infraestructura de carga:

1.2.1 Regulación:

Aceleración en la construcción de cargadores rápidos y semirrápidos

La regulación que impulsa la aceleración en la construcción de infraestructura de carga es vital para el éxito de la electromovilidad en Costa Rica. La red de cargadores rápidos y semirrápidos se ampliará con la instalación de 230 cargadores con la ayuda del ICE, con el objetivo de que los usuarios puedan acceder a ellos en diferentes partes del país. Esta infraestructura es clave para superar la "ansiedad de autonomía", que es uno de los principales temores de los potenciales compradores de vehículos eléctricos. La instalación de cargadores rápidos en áreas de alto tráfico también permite que los usuarios carguen sus vehículos de manera más eficiente (Mobility Portal, 2024a).

1.2.2 Metas:

Planes nacionales para asegurar cobertura de puntos de carga

El Plan Nacional de Descarbonización incluye metas específicas para la expansión de la infraestructura de carga en Costa Rica. Estas metas están alineadas con los objetivos a largo

plazo de electrificación del transporte, y buscan asegurar que no solo las zonas urbanas, sino también las rurales, cuenten con puntos de carga suficientes para los vehículos eléctricos. Este esfuerzo es fundamental para que la electromovilidad sea accesible para todos los costarricenses, independientemente de su ubicación (MINAE, 2019).

1.2.3 Incentivos:

Líneas de financiamiento y apoyo estatal: El Banco Nacional de Costa Rica ha instalado nueve electrolineras en sus oficinas, como parte de su estrategia de sostenibilidad. Estas estaciones de recarga están ubicadas en diversas agencias del país y son gratuitas para los clientes. El banco planea seguir ampliando su red de cargadores en San José y otras localidades. Este proyecto busca fomentar la electromovilidad y reducir las emisiones, contribuyendo a la descarbonización del país (BNCR, 2023).

Ampliación de la red de carga pública: El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) sigue liderando la expansión de la red de carga eléctrica en el país. Hasta la fecha, ha instalado más de 70 estaciones de carga rápida y semirrápida, con planos para seguir ampliando la red en áreas urbanas y rurales, lo que garantiza una cobertura nacional para los usuarios de vehículos eléctricos (La República, 2024b).

1.3 Competencias, capacidades e información:

1.3.1 Financiamiento I+D+i:

Concursos de financiamiento para proyectos de innovación en electromovilidad

El Banco Nacional de Costa Rica ha lanzado un concurso que premia los proyectos más innovadores en movilidad eléctrica. El objetivo es impulsar soluciones que promuevan el uso de tecnologías limpias y sostenibles en el país. Las propuestas ganadoras recibirán apoyo económico y técnico para su desarrollo, ayudando a transformar el sector transporte y contribuyendo a la descarbonización del país. Este concurso se enmarca en los esfuerzos de Costa Rica para ser un líder en electromovilidad (La República, 2024c).

1.3.2 Formación de capacidades:

Capacitación y sensibilización sobre la electromovilidad para operadores

En Costa Rica se ha iniciado una capacitación para operadores y conductores de buses eléctricos, como parte de los esfuerzos del país para fomentar la movilidad sostenible. Este programa busca preparar a los trabajadores del transporte público en el uso y mantenimiento de vehículos eléctricos, lo cual es clave para la transición hacia un sistema de transporte más limpio y eficiente. Esta capacitación es parte del proyecto nacional para la descarbonización del sector transporte (Delfino, 2020).

1.3.3 Información clave:

Divulgación de información clave sobre beneficios de la electromovilidad

El sitio de la CEPAL presenta herramientas para apoyar la transición hacia la electromovilidad en Costa Rica, destacando políticas públicas, estrategias y ejemplos de implementación. El enfoque está en la descarbonización del transporte, un sector clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el país. Estas herramientas incluyen análisis de políticas, incentivos fiscales y casos de éxito para promover la adopción de vehículos eléctricos en diversos sectores (Plataforma Urbana y de Ciudades, 2024).

1.3.4 Campañas informativas:

Campañas de concientización para el público general y actores del sector transporte

El gobierno ha implementado diversas campañas dirigidas al público general con el fin de fomentar la comprensión de los beneficios de la movilidad eléctrica, como la reducción de emisiones y la mejora de la calidad del aire. Estas campañas también promueven el uso de modos de transporte sostenibles, como las bicicletas eléctricas y la adopción de nuevas tecnologías, como los vehículos eléctricos (Deutsche Gesellschaft für & GIZ, 2021).

Anexo 2. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Colombia

2.1 Adquisición de vehículos:

2.1.1 Regulación:

Impulsa la movilidad eléctrica mediante un Marco Regulatorio

La Ley 1964 de 2019 establece un marco regulatorio que impulsa la movilidad eléctrica, exigiendo que el 30% de los vehículos del Gobierno nacional y los prestadores del servicio público de transporte sean eléctricos dentro de los seis años posteriores a su entrada en vigor. Esta ley también otorga beneficios, como la exención del "pico y placa" y el día sin carro, lo cual incentiva el uso de vehículos eléctricos (Ley 1964, 2019).

2.1.2 Metas:

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 incluye una meta de inscribir 6.600 vehículos eléctricos en el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT). El país superó esta meta, alcanzando 8.299 vehículos eléctricos para 2022, lo que refleja un compromiso significativo con la movilidad sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

2.1.3 Incentivos Directos:

Hablando de incentivos directos tenemos la exención del IVA del 19% que reduce significativamente el costo de los vehículos eléctricos en comparación con los de combustión interna, también tenemos la reducción en el impuesto vehicular, que en muchos casos no supera el 1% del valor comercial del vehículo y por último el Descuento en el

SOAT (El Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito) que para vehículos eléctricos tiene un descuento del 10% (Semana, 2023).

2.1.4 Incentivos Indirectos:

En Colombia, los vehículos eléctricos disfrutan de varios incentivos indirectos. En ciudades como Bogotá y Medellín, están exentos de las restricciones de circulación conocidas como Pico y Placa, lo que les permite circular libremente en días restringidos. Además, estos vehículos tienen acceso a espacios de estacionamiento preferenciales o gratuitos en áreas urbanas concurridas. También, en varias carreteras nacionales e interurbanas, los vehículos eléctricos están exentos del pago de peajes, lo que reduce aún más sus costos operativos (Semana, 2023).

2.1.5 Incentivos para flotas:

Colombia promueve activamente la renovación de flotas públicas y privadas a través de subsidios e incentivos para la compra de vehículos eléctricos de transporte público, como buses y camiones, contribuyendo a la reducción de emisiones de carbono y mejorando la calidad del aire en las ciudades (Resolución 40123 de 2024 Sobre Electromovilidad., 2024).

Sector Público: Exige que el 30% de las flotas gubernamentales y de transporte público sean eléctricas en seis años. Además, se han implementado incentivos financieros, como la reducción del IVA del 19% al 5% para la compra de vehículos eléctricos, y exenciones de impuestos sobre matrícula y vehículos, con el objetivo de hacer más accesible la adquisición y promover la sostenibilidad (Ley 1964, 2019).

2.2 Desarrollo de infraestructura de carga:

2.2.1 Metas:

Las metas a continuación presentadas se las expondrá a corto, mediano y largo plazo basadas en La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica de Colombia de 2019 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

- **Metas a Corto Plazo (2018-2022)**

En el corto plazo, la estrategia se enfoca en la planificación y preparación para la adopción de tecnologías limpias. Las acciones incluyen:

Implementación de estándares de emisiones: Se establecieron normas de emisión mínima para el transporte público, como buses y taxis, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes desde los principales actores del transporte urbano.

Desarrollo de infraestructura y etiquetado: Se diseñó un programa de etiquetado energético para vehículos livianos, promoviendo una conciencia energética entre los usuarios y facilitando la identificación de vehículos más eficientes.

Asignación de nuevos vehículos eléctricos: Se planteó una meta de incorporar 6,600 vehículos eléctricos al final del cuatrienio, partiendo de una línea base de 1,695 vehículos eléctricos registrados en 2016. Esto representa un incremento significativo en la flota de vehículos eléctricos y busca sentar las bases para una adopción más amplia de la tecnología .

Ahorro energético: A través del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE), se propuso un ahorro energético total de 699,678 terajulios (TJ), donde el 6% de dicho ahorro debe provenir del sector transporte, destacando su papel crucial en la eficiencia energética nacional.

- **Metas a Mediano Plazo (2023-2030)**

El enfoque a mediano plazo se centra en la expansión de las tecnologías limpias y la creación de las condiciones necesarias para una adopción masiva. Los objetivos incluyen:

Desarrollo de infraestructura de carga: Expansión significativa de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos, con énfasis en redes de carga rápida en las principales ciudades y corredores interurbanos.

Incentivos económicos y comerciales: Importación de 26,400 vehículos eléctricos sin aranceles, con el objetivo de facilitar el acceso a la tecnología y promover el reemplazo de vehículos de combustión interna. Este contingente se distribuye en el periodo 2017-2027 y busca eliminar las barreras arancelarias que dificultan la penetración de los vehículos eléctricos

Programas de conducción eficiente: Se implementaron programas de capacitación para la conducción eficiente de vehículos de carga, mejorando la eficiencia del transporte de mercancías y reduciendo el consumo de energía.

Sensibilización y educación: Campañas de educación y concienciación pública sobre los beneficios de la movilidad eléctrica, buscando generar una cultura de sostenibilidad y fomentar la aceptación tecnológica.

- **Metas a Largo Plazo (2031-2050)**

El largo plazo contempla una transformación integral del sector transporte con un enfoque en sostenibilidad y tecnologías avanzadas. Las metas incluyen:

Flota de cero emisiones: Transición total hacia una flota vehicular de cero emisiones en todos los modos de transporte, tanto público como privado, con especial énfasis en la modernización de vehículos pesados y de transporte masivo.

Desarrollo de modelos de negocio avanzados: Establecimiento de modelos de negocio que permitan la integración de vehículos eléctricos como parte de las redes de energía descentralizadas, incluyendo conceptos de ciudades inteligentes y gestión energética.

Reducción de emisiones de GEI: Se espera una disminución significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), alineada con los compromisos internacionales adquiridos en el marco del Acuerdo de París y las políticas nacionales de cambio climático

Gestión energética avanzada: Implementación de sistemas de gestión energética para optimizar el uso de vehículos eléctricos, promoviendo un uso más eficiente de la energía y reduciendo las pérdidas en el sector transporte, que actualmente representan un 53.86% del total de las pérdidas energéticas del país.

2.2.2 Regulaciones:

Las regulaciones juegan un papel crucial en el desarrollo de la infraestructura de carga en Colombia. La Ley 1964 de 2019, que promueve el uso de vehículos eléctricos, incluye disposiciones que obligan a los nuevos desarrollos residenciales y comerciales a contar con las acometidas eléctricas necesarias para la instalación de estaciones de carga. Además:

Regulación de electrolineras: Los edificios comerciales y públicos con parqueaderos deberán reservar al menos el 2% de las plazas de estacionamiento para vehículos eléctricos,

equipándolas con estaciones de carga. Esto fomenta la accesibilidad a la carga en espacios públicos y asegura que haya un incentivo visible para los usuarios de estos vehículos (El Carro Colombiano, 2023).

Normas para la infraestructura vial: En las principales autopistas y vías interurbanas, se están estableciendo estándares para la instalación de estaciones de carga rápida, asegurando que los vehículos eléctricos puedan ser utilizados tanto para desplazamientos urbanos como para viajes más largos (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

2.2.3 Incentivos:

Incentivos fiscales e Incentivos para la instalación de electrolineras.

Enel X ha sido un actor clave en el desarrollo de la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en Colombia, facilitando tanto a particulares como a empresas la transición hacia la movilidad eléctrica. Su modelo de negocio Charging as a Service permite a las empresas instalar estaciones de carga sin necesidad de inversión inicial, pagando únicamente por la energía utilizada. Enel X también ofrece soluciones personalizadas, incluyendo la instalación de estaciones de carga rápida en ciudades estratégicas como Bogotá, Medellín y Cali, garantizando que los vehículos eléctricos puedan recargarse en menos de 1 hora y 30 minutos (Enel X, 2024).

En términos de infraestructura, Enel X ha instalado más de 204 puntos de recarga públicos y privados a lo largo del país, la mayoría concentrados en las principales ciudades. Estos puntos de carga están equipados con conectores universales, lo que permite su uso por diferentes marcas de vehículos eléctricos presentes en el mercado. Además, la empresa promueve la instalación de cargadores domésticos como el Waybox y soluciones empresariales para flotas eléctricas, lo que facilita la expansión de la electromovilidad en áreas urbanas y rurales (Enel X, 2024).

2.3 Competencias, capacidades e información:

2.3.1 Financiamiento I+D+i:

Proyectos que mejoren la competitividad del país en términos de sostenibilidad energética

El financiamiento para la investigación y desarrollo (I+D+i) en el ámbito de la electromovilidad ha sido impulsado por el gobierno colombiano a través de diversos programas. Estos programas tienen como objetivo fomentar el desarrollo de tecnologías más avanzadas y accesibles, como baterías de mayor duración, sistemas de recarga más eficientes y vehículos de mayor autonomía. Los recursos están destinados tanto a instituciones académicas como a empresas del sector privado que buscan mejorar la oferta tecnológica relacionada con los vehículos eléctricos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019)

Este tipo de financiamiento se enfoca en proyectos que promuevan la innovación y mejoren la competitividad del país en términos de sostenibilidad energética. Por ejemplo, el Plan Nacional de Desarrollo establece metas para que Colombia adopte tecnologías que faciliten la transición energética, y esto incluye inversiones en proyectos piloto de estaciones de carga rápida y tecnologías de baterías más eficientes (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

Es importante destacar que el país participa en programas internacionales de financiamiento, como los fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que apoya iniciativas de electromovilidad mediante concursos y subvenciones a proyectos innovadores (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

2.3.2 Formación de Capacidades:

Capacitación en el mantenimiento, reparación y operación de vehículos eléctricos

La formación técnica es fundamental para apoyar el crecimiento de la electromovilidad en Colombia. Se han desarrollado programas educativos en colaboración con universidades e institutos técnicos que capacitan a los profesionales en el mantenimiento, reparación y operación de vehículos eléctricos. Esto no solo incluye formación en la reparación de los vehículos en sí, sino también en la instalación y mantenimiento de las estaciones de carga eléctrica (Ministerio de Transporte de Colombia, 2023a).

El SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), en particular, ha jugado un rol destacado en la formación de técnicos especializados en tecnologías de electromovilidad. Estos programas de capacitación se han expandido en respuesta al aumento de la demanda por

técnicos cualificados en la operación de flotas de buses eléctricos y taxis en ciudades como Bogotá y Medellín (Metropol, 2023).

Estos esfuerzos forman parte de un plan más amplio para garantizar que el país cuente con la infraestructura humana necesaria para apoyar el crecimiento del sector de electromovilidad. A medida que se amplía la red de estaciones de carga y aumenta la adopción de vehículos eléctricos, también se requiere personal capacitado para mantener y operar estas instalaciones.

2.3.3 Información Clave y Campañas Informativas:

Comités técnicos, foros públicos y seminarios

Las campañas informativas juegan un papel crucial en el proceso de adopción de la electromovilidad, tanto para concienciar al público como para preparar a las empresas e instituciones para el cambio. En Colombia, se han lanzado diversas campañas destinadas a educar a los ciudadanos sobre los beneficios ambientales, sociales y económicos de los vehículos eléctricos (Ministerio de Transporte de Colombia, 2023a).

Estas campañas no solo se enfocan en la ciudadanía, sino también en las empresas que manejan flotas de transporte público y privado, incentivándolas a adoptar tecnologías de cero emisiones. A través de comités técnicos, se facilita la colaboración entre el sector público, privado y académico, para coordinar esfuerzos en la implementación de políticas relacionadas con la electromovilidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Además, los foros públicos y seminarios han sido clave para establecer una plataforma de diálogo entre el gobierno, el sector empresarial y los usuarios de vehículos eléctricos, con el objetivo de intercambiar experiencias y mejorar las políticas relacionadas con la infraestructura de carga y los incentivos para la adopción de vehículos eléctricos (Metropol, 2023).

Anexo 3. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Chile

3.1 Adquisición de Vehículos

3.1.1 Regulación:

Se espera una reducción del 30% en las emisiones del sector transporte para 2030. Estas regulaciones son parte del compromiso de Chile con la carbono neutralidad para 2050 (Ministerio de Energía, 2017).

3.1.2 Metas:

En la Estrategia Nacional de Electromovilidad, Chile establece que para 2050 el 40% de vehículos livianos y medianos serán de cero emisiones y el 100% de vehículos relacionados al transporte público (Ministerio de Energía, 2021).

3.1.3 Incentivos Directos para Vehículos Particulares:

Se implementan incentivos fiscales para la compra de vehículos eléctricos, como la exención del impuesto Verde (1.5% del valor del vehículo) nuevos para los vehículos eléctricos (KPN, 2024).

3.1.4 Incentivos Indirectos para Vehículos Particulares:

Chile fomenta incentivos indirectos como el uso de carriles exclusivos y la disponibilidad de estacionamiento gratuito en ciertas áreas para los vehículos eléctricos, incentivando su uso y propiedad (Agencia de Sostenibilidad Energetica, 2018).

3.1.5 Incentivos para Flotas:

Las instituciones presentan un apoyo financiero para empresas que transicionen sus flotas hacia vehículos eléctricos. Estos programas están dirigidos a sectores con un uso intensivo de flotas, como el transporte de carga y las flotas municipales (Plataforma de Electromovilidad, 2022c).

3.1.6 Rol del Sector Público:

El Estado chileno lidera con el ejemplo en la adopción de electromovilidad, incluyendo la adquisición de vehículos eléctricos para su flota gubernamental. Además, en los contratos de transporte público se está priorizando la electrificación de los buses urbanos (Plataforma de Electromovilidad, 2022d).

3.2 Desarrollo de Infraestructura de Carga

3.2.1 Regulación:

Se han definido estándares y normativas para la instalación de estaciones de carga en áreas públicas y privadas, asegurando que estas cumplan con requisitos de seguridad y eficiencia. Estas regulaciones permiten la interoperabilidad entre diferentes proveedores de servicios de carga, garantizando un servicio uniforme y accesible para los usuarios (Plataforma de Electromovilidad, 2022a).

3.2.2 Metas:

Chile tiene el objetivo de desplegar estaciones de carga en todo el país, con un enfoque en cubrir rutas clave que conecten las principales ciudades. Esto busca facilitar la adopción de vehículos eléctricos en todo el territorio (Ministerio de Obras Públicas, 2017).

3.2.3 Incentivos:

Existen subvenciones y colaboraciones público-privadas para fomentar la instalación de infraestructura de carga. Este enfoque busca integrar la infraestructura de carga en áreas urbanas y en proyectos inmobiliarios en desarrollo (Plataforma de Electromovilidad, 2022a).

3.3 Competencias, Capacidades e Información:

3.3.1 Financiamiento en (I+D+i):

La investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) en áreas clave como la cadena de valor de los vehículos eléctricos y la infraestructura de carga. Esto incluye los esfuerzos del gobierno chileno para transformar la industria automotriz tradicional, proporcionando financiamiento a los fabricantes de equipo original (OEMs) con el fin de facilitar su transición hacia la electromovilidad (Ministerio de Obras Públicas, 2017).

3.3.2 Formación de Capacidades:

Existen programas de capacitación específicos para mecánicos, técnicos y operadores que trabajarán en la industria de vehículos eléctricos. Estos programas están diseñados para preparar a la fuerza laboral para el mantenimiento y operación de tecnologías de electromovilidad (bbcl, 2024).

3.3.3 Información Clave:

Chile promueve la transparencia en la información sobre electromovilidad, publicando datos de consumo energético, impacto ambiental y eficiencia de vehículos eléctricos. Estos datos están disponibles para la toma de decisiones de los consumidores y el desarrollo de políticas públicas (observatorio laboral, 2020).

3.3.4 Campañas Informativas:

El gobierno ha implementado campañas para informar al público sobre los beneficios de la electromovilidad, abordando mitos comunes y promoviendo el cambio hacia tecnologías más limpias. Estas campañas también se dirigen a empresas para incentivarlas a adoptar flotas eléctricas (Plataforma de Electromovilidad, 2022b).

Anexo 4. Líneas de acción, mecanismos y tendencias en Ecuador

4.1 Adquisición de Vehículos

4.1.1 Regulación:

El plan de Ecuador para promover la electromovilidad establece un objetivo ambicioso de tener un 0,5% del parque vehicular en vehículos eléctricos para el año 2025 (Mobility Portal, 2023c).

4.1.2 Metas:

La Estrategia Nacional de Electromovilidad establece metas claras para la incorporación de vehículos eléctricos en el país, principalmente en sectores público y privado, con el fin de reducir las emisiones de gases contaminantes y promover una movilidad más sostenible . Según la Estrategia Nacional de Electromovilidad del Ecuador, el objetivo cuantitativo para el 2025 es de 5.500 vehículos eléctricos ligeros cero emisiones para el 2025. En los últimos dos años y lo que ha transcurrido del 2023, las ventas suman poco más de 800 unidades (Mobility Portal, 2023).

4.1.3 Incentivos directos para vehículos particulares:

Ecuador ha implementado una exoneración del Impuesto al Valor Agregado (15%) y aranceles de importación para vehículos eléctricos y sus componentes, lo que busca reducir el costo de estos vehículos y hacerlos más accesibles. Este incentivo está dirigido tanto a vehículos particulares como a flotas públicas y privadas (Celec EP, 2023)

4.1.4 Incentivos indirectos para vehículos particulares:

Además de los incentivos fiscales, en Ecuador, los vehículos 100% eléctricos o de cero emisiones se encuentran exentos de las restricciones de circulación vehicular impuestas por las autoridades de tránsito, tanto a nivel local como nacional. Esta medida busca incentivar el uso de tecnologías limpias en el sector transporte, ofreciendo una ventaja significativa a quienes opten por alternativas sostenibles (Mobility Portal, 2023a).

4.1.5 Incentivos para flotas:

Se fomenta la conversión de flotas de transporte público y privado hacia la tecnología eléctrica. Este esfuerzo busca contribuir de manera significativa a la reducción de emisiones en el sector de transporte y apoyar el objetivo de descarbonización del país (GIZ, 2023).

Rol del sector público

El sector público ha liderado proyectos como la introducción de autobuses eléctricos en ciudades como Guayaquil, Quito y Cuenca. En Guayaquil, por ejemplo, se integraron 20 autobuses eléctricos que movilizan 10,500 pasajeros diarios, mientras que en Quito se implementó el Metro eléctrico, proyectado para transportar más de 300,000 pasajeros al día (GIZ, 2023).

4.2 Desarrollo de Infraestructura de Carga

4.2.1 Regulación:

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE) establece directrices para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Ecuador. Donde, se han desarrollado regulaciones específicas, como el Pliego Tarifario para los Proveedores del Servicio de Carga de Energía para Vehículos Eléctricos, que define las tarifas aplicables a este servicio (Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, 2022).

4.2.2 Metas:

Se ha establecido como meta crear una red nacional de estaciones de carga que cubra tanto zonas urbanas como rutas interurbanas (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2021). Este objetivo responde a la necesidad de hacer accesible la movilidad eléctrica en todas las regiones del país (Mobility Portal, 2023e)

4.2.3 Incentivos:

BYD Ecuador ha informado que está en negociaciones con socios tanto nacionales como internacionales para desarrollar una red de estaciones de carga rápida en todo el país. Esta red busca resolver las limitaciones actuales de infraestructura y responder a la creciente demanda de vehículos eléctricos en Ecuador. Contar con una infraestructura de carga eficiente y accesible resulta esencial para promover el uso de vehículos eléctricos, brindando a los usuarios la seguridad de encontrar puntos de recarga en todo el territorio y facilitando así su adopción masiva (Mobility Portal, 2023a).

Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó recientemente un financiamiento de 500 millones de dólares, al que se suman 100 millones provenientes de la Facilidad de Corea para el Cofinanciamiento del Desarrollo de Infraestructura para América Latina y el Caribe, gestionada también por el BID. Estos recursos tienen como objetivo apoyar la transición energética de Ecuador y fomentar inversiones tanto públicas como privadas en infraestructuras sostenibles. Este apoyo financiero internacional resulta crucial para fortalecer la infraestructura necesaria y avanzar hacia un sistema de transporte y energía menos dependiente de combustibles fósiles. La participación de organismos internacionales destaca la relevancia de la cooperación global para enfrentar los retos ambientales y avanzar hacia un desarrollo sostenible (Banco Interamericano de Desarrollo (BID)., 2023; Mobility Portal, 2023a).

4.3 Competencias, Capacidades e Información

4.3.1 Financiamiento en (I+D+i):

Ecuador está promoviendo el financiamiento para proyectos de investigación en movilidad eléctrica. Esto incluye apoyo a universidades y centros de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías en almacenamiento de energía, carga rápida y eficiencia energética (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2023).

4.3.2 Formación de Capacidades:

Se han lanzado programas de formación técnica para desarrollar habilidades en instalación, mantenimiento y operación de vehículos híbridos. Estas capacitaciones son esenciales para crear una fuerza laboral preparada y calificada que pueda apoyar el crecimiento de la industria (SECAP, 2023).

4.4.3 Información Clave:

El gobierno está promoviendo la difusión de información relevante sobre movilidad eléctrica para facilitar la toma de decisiones informadas tanto para empresas como para consumidores. Este esfuerzo incluye la recopilación y publicación de datos sobre el impacto económico y ambiental de la transición a tecnologías de cero emisiones (GIZ, 2023).

4.3.4 Campañas Informativas:

Ecuador ha implementado campañas de concienciación pública para informar a la ciudadanía sobre los beneficios de la movilidad eléctrica. Estas campañas están diseñadas para educar a la población sobre la importancia de reducir emisiones y adoptar tecnologías sostenibles, promoviendo un cambio cultural hacia la movilidad eléctrica (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador, 2023).