



Energía

Estrategia Nacional para la Infraestructura de Carga



Capítulo 2

Modelos de negocio para
infraestructura de carga

Energía ⚡ del Cambio

Versión 1.0



Estrategia Nacional para la Infraestructura de Carga para vehículos eléctricos

Capítulo 2. Modelos de negocio para infraestructura de carga

Presidente de la República

Gustavo Petro Urrego

Vicepresidenta de la República

Francia Márquez Mina

Ministro de Minas y Energía

Omar Andrés Camacho

Editor y modelado

Ana María Orozco Idrobo

Coord. Electromovilidad

Revisores

Ministerio de Minas y Energía

Ana María Orozco Idrobo

Carlos Andrés Álvarez

Departamento Nacional de Planeación

Nicolás Rincón

Alejandro Villamil

Rosario González Celis

Autores:

Banco Mundial

Deloitte



"El contenido de este documento es propiedad intelectual del Banco Mundial. La reproducción, distribución, copia, modificación o uso comercial de este documento, total o parcial, sin autorización previa por escrito del Banco Mundial, está prohibida. Los derechos de autor del Banco Mundial se reservan.

Este documento ha sido elaborado en el marco de la consultoría Mecanismos Financieros para la Infraestructura de recarga, financiada por el Banco Mundial. Las opiniones y conclusiones expresadas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones o políticas del Banco Mundial, sus directivos, funcionarios o países miembros."



Departamento Nacional
de Planeación - DNP



Índice de contenidos

A. Introducción.....	8
B. Objetivos y actividades abordadas.....	9
Estrategia de despliegue de la infraestructura de carga.....	10
1. Identificación de la demanda objetivo de Vehículos Eléctricos	10
2. Identificación de necesidades de cargadores públicos.....	14
Identificación de posibles Modelos de Negocio factibles en Colombia para el despliegue de infraestructura de carga	23
1. Cadena de valor principal en torno a la infraestructura de carga	25
2. Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades	28
3. Identificación de potenciales Modelos de Negocio en Colombia	34
3.1 ¿Dónde, qué tipología e inversión potencial es necesaria?	35
3.1.1 Identificación de zonas estratégicas de Colombia	35
3.1.2 Tipologías de infraestructura de carga en función de la ubicación	37
3.1.3 Inversión potencial necesaria	40
3.2 ¿Qué modelo de negocio es el más adecuado en las zonas estratégicas de Colombia?	42
3.2.1 Identificación de los Riesgos potenciales.....	43
3.2.2 Evaluación de Riesgos	46
3.2.3 Caracterización de las zonas de Colombia	48
3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia.....	56
3.2.5 Diagrama de flujo de decisiones.....	80
Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia	82
1. Propuesta para el despliegue en Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP	84
2. Propuesta para el despliegue en la red vial nacional y Hubs de movilidad	96
3. Principales conclusiones sobre los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga	101
Identificación de posibles Modelos de Negocio de uso potencial de infraestructura de carga para comercializar servicios a transporte público	110
1. Escenario 1: infraestructura privada, abierta al público en ciertos horarios	110
2. Escenario 2: Propietario de flota sin infraestructura de carga	120
3. Principales conclusiones identificadas sobre el uso potencial de infraestructura de carga para comercializar servicios a transporte público	127
Identificación de posibles modelos de ingresos asociados a la infraestructura de carga	129
1. Principales ingresos según su origen	129



1.1	Ingresos por servicio de carga. Principales tipos de tarifas.....	130
1.1.1	Por consumo de energía	131
1.1.2	Por duración en el uso del servicio	132
1.1.3	Tarifas dinámicas	132
1.1.4	En función de la disponibilidad	132
1.1.5	Membresía periódica.....	133
1.1.6	Cuota inicial	133
1.1.7	Combinación de diferentes tipologías de tarifas	133
1.2	Ingresos alternativos.....	134
Anexos		136
Anexo 1. Construcción de proyecciones		136
1.	Metodología	136
2.	Proyección del parque automotor total	137
3.	Proyecciones de penetración de vehículos eléctricos	138
Anexo 2. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia		150
1.	Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia y la aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública.....	150
Anexo 3. Metodología para la aproximación a las necesidades de apoyo público		169
Anexo 4. Identificación de incentivos públicos internacionales		178
Bibliografía		188

Índice de figuras

Figura 1. Enfoque metodológico para la construcción de proyecciones de vehículos eléctricos	11
Figura 2: Proyecciones estimadas de vehículos eléctricos y porcentajes de penetración en el parque vehicular colombiano	12
Figura 3. Escenarios de proyección de penetración de vehículos eléctricos 2024 – 2030	13
Figura 4: Propuesta de diferentes fases temporales para el despliegue de infraestructura de carga en base a la penetración de vehículos eléctricos en Colombia	17
Figura 5: Propuesta de ratios dinámicos aplicable al ratio de VE por punto de carga en función del desarrollo esperado de VE en Colombia	18
Figura 6. Metas estimadas de cargadores totales en Colombia bajo los distintos escenarios de proyección ..	19
Figura 7: Aspectos analizados con el objeto de calcular la distribución de cargadores a las necesidades Colombianas	21
Figura 8. Cadena de valor en el despliegue de la infraestructura de carga pública (ilustrativo no exhaustivo)	26
Figura 9: Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades	29
Figura 10. Etapas en la adopción de movilidad eléctrica	34
Figura 11: Fases para definir y estructurar potenciales modelos de negocio para la implementación de infraestructura de carga en Colombia	35
Figura 12. Identificación de ventajas y desafíos principales de la tipología de infraestructura de carga	39
Figura 13: Resumen ilustrativo de las zonas estratégicas identificadas en Colombia con la tipología preferente de infraestructura de carga para cada una de ellas.....	40
Figura 14: CAPEX asociado a las estaciones de carga típicas identificadas en Colombia (costos medios)	41
Figura 15: Fases para la definición de modelos de negocio más adecuados a cada zona estratégica	43
Figura 16: Evaluación del posible impacto de cada riesgo en las diversas etapas de la cadena de valor que configuran el ecosistema	47
Figura 17: Selección de indicadores para caracterizar las zonas estratégicas de Colombia	49
Figura 18. Ciudades principales y ciudades intermedias de Colombia	50
Figura 19. Mapas coropléticos de los indicadores utilizados para el análisis	51
Figura 20. Caracterización de las zonas estratégicas de Colombia entre Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y No-ZBDP	53
Figura 21. Red vial primaria nacional de Colombia	55
Figura 22. Rutas prioritarias y Hubs de movilidad de Colombia	56
Figura 23: Diagrama de flujo de decisiones para la orientación de modelos de negocio en torno a la infraestructura de carga en Colombia	81
Figura 24: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para Ciudades Principales.....	85
Figura 25: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para Ciudades Intermedias.....	85
Figura 26: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para ZBDP	86
Figura 27: Propuesta de modelos de negocio en función de la zona estratégica de Colombia.....	87
Figura 28: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para los Hubs de movilidad y las vías nacionales	97
Figura 29: Aspectos considerados en los resultados consolidados para disponer de una aproximación de los recursos necesarios para el despliegue de la infraestructura de carga pública en Colombia	103
Figura 30: Resultados agregados de la estimación de la penetración de infraestructura de carga pública en Colombia.....	107
Figura 31: Resultados agregados de la estimación de la inversión total que podría movilizarse en Colombia al iniciar el despliegue de la infraestructura de carga pública.....	108

Figura 32: Resultados agregados de los 3 escenarios estimados en relación con la aproximación de recursos necesarios para el despliegue de la infraestructura de carga en Colombia	109
Figura 33: Ciudades en Colombia con flotas de buses eléctricos (2023)	113
Figura 34. Ingresos económicos según origen	130
Figura 35: Parque automotor total y vehículos livianos en Colombia real (2019-2023) y proyectado (2024-2030)	138
Figura 36: Penetración de vehículos eléctricos a nivel mundial 2019-2022	139
Figura 37: Escenario 1 de proyección de penetración de vehículos eléctricos livianos Colombia 2024-2030	143
Figura 38. Escenario 2 de proyección de penetración de vehículos eléctricos livianos en Colombia 2024-2030	145
Figura 39. Escenario 3 de proyección de penetración de vehículos eléctricos livianos en Colombia 2024-2030	147
Figura 40. Escenario 4 de proyección de penetración de vehículos livianos eléctricos Colombia 2024-2030	148
Figura 41. Parque acumulado de vehículos livianos totales y eléctricos real 2020-2023 y proyectado 2024-2030	149

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización de las zonas entre Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y No-ZBDP	53
Tabla 2: Escenario 1 Aspiracional- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2028. (ZBDP y No-ZBDP)	88
Tabla 3: Escenario 2 Conservador- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2030. (ZBDP y No-ZBDP)	88
Tabla 4: Escenario 3 Intermedio- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2029. (ZBDP y No-ZBDP)	89
Tabla 5: Escenario 1 Aspiracional- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2028. (ZBDP y No-ZBDP)	89
Tabla 6: Escenario 2 Conservador - Aproximación de la inversión necesaria para el año 2030. (ZBDP y No-ZBDP)	90
Tabla 7: Escenario 3 Intermedio- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2029. (ZBDP y No-ZBDP)	91
Tabla 8: Escenario 1 Aspiracional- Aproximación del apoyo público necesario para el año 2028. (ZBDP y No-ZBDP)	93
Tabla 9: Escenario 2 Conservador- Aproximación del apoyo público necesario para el año 2030. (ZBDP y No-ZBDP)	94
Tabla 10: Escenario 3 Intermedio- Aproximación del apoyo público necesario para el año 2029. (ZBDP y No-ZBDP)	95
Tabla 11. Número de cargadores en carreteras de la red vial primaria de Colombia	98
Tabla 12. Detalle del número aproximado identificado de puntos de carga en carreteras de la red vial primaria, rutas prioritarias y Hubs.	99
Tabla 13. Número de cargadores en Hubs de movilidad (aeropuertos y puertos principales).....	100
Tabla 14: Aproximación al número total de cargadores rápidos en Hubs de movilidad y vías nacionales de Colombia.....	100
Tabla 15: Aproximación a la inversión total necesaria en Hubs de movilidad y vías nacionales de Colombia	100
Tabla 16. Aproximación del apoyo público necesario para el año 2029 en Hubs de movilidad y vías nacionales de Colombia.....	101

Tabla 17: Resultados agregados Escenario 1 Aspiracional- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2028.....	104
Tabla 18: Resultados agregados Escenario 2 Conservador- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2030.....	105
Tabla 19: Resultados agregados Escenario 3 Intermedio- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2029.....	106
Tabla 20. Algunos casos prácticos de esquemas tarifarios a nivel internacional.....	134
Tabla 21: Supuestos para la construcción de proyecciones de penetración de vehículos eléctricos en Colombia	140
Tabla 22: Penetración del vehículo eléctrico 2019-2023 en Colombia.....	141
Tabla 23. Escenario 1 de vehículos eléctricos livianos en Colombia: 2023 real y 2024-2030 proyectado	142
Tabla 24. Escenario 2 de vehículos eléctricos livianos en Colombia: 2023 real y 2024-2030 proyectado	144
Tabla 25. Escenario 3 de vehículos eléctricos livianos en Colombia: 2023 real y 2024-2030 proyectado	146
Tabla 26. Escenario 4 de proyección de vehículos eléctricos livianos en Colombia 2024-2030.....	148
Tabla 27. Indicadores utilizados en el análisis geográfico de ciudades y departamentos	150
Tabla 28. Dataframe correspondiente a las ciudades.....	152
Tabla 29. Dataframe correspondiente a departamento (sin contabilizar ciudades)	152
Tabla 30. Departamento/ciudad y principal(es) modelo(s) de negocio sugerido	154
Tabla 31. Escenario 1 - Número de infraestructura de recarga por modelo y zona	158
Tabla 32. Escenario 2 - Número de infraestructura de recarga por modelo y zona	160
Tabla 33. Escenario 3 - Número de infraestructura de recarga por modelo y zona	162
Tabla 34. Características de los vehículos eléctricos comercializados en Colombia	164
Tabla 35. Autonomía real estimada para los vehículos eléctricos comercializados en Colombia	165
Tabla 36: Intensidad de apoyo público adicional al resto del CAPEX para los modelos de negocio privados que incentiven infraestructura de carga rápida.....	172
Tabla 37: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio privados que incentiven infraestructura de carga rápida	173
Tabla 38: Intensidad de apoyo público adicional al resto del CAPEX para los modelos de negocio concesional que incentiven infraestructura de carga rápida	173
Tabla 39: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio concesional que incentiven infraestructura de carga rápida	174
Tabla 40: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio ESP que incentiven infraestructura de carga rápida	175
Tabla 41: Intensidad de apoyo público adicional al resto del CAPEX para los modelos de negocio públicos que incentiven infraestructura de carga rápida.....	175
Tabla 42: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio públicos que incentiven infraestructura de carga rápida	175
Tabla 43: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio privados que incentiven infraestructura de carga lenta	176
Tabla 44: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio ESP que incentiven infraestructura de carga lenta	177
Tabla 45: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio públicos que incentiven infraestructura de carga lenta	177
Tabla 46. Resumen de incentivos para el despliegue de infraestructura de carga a nivel internacional	183

Bloque A. Modelos de negocio

A. Introducción

La transición hacia una movilidad más sostenible y la adopción de vehículos eléctricos está en el centro de la agenda global en la actualidad. A medida que los países de todo el mundo se esfuerzan por reducir sus emisiones de carbono y promover la movilidad con cero emisiones, se ha intensificado el enfoque en la electrificación del sector del transporte. Colombia no ha sido ajena al proceso de transición hacia las energías limpias y la electromovilidad, siendo uno de los principales países en el desarrollo de medidas que fomenten la electromovilidad en Colombia.

En este sentido, estos esfuerzos pasan, entre otros aspectos, por el reto de adaptar la infraestructura energética de los países para permitir que el despliegue a gran escala de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos sea eficiente, sostenible y accesible.

En este contexto, a finales del año 2019, el Gobierno Nacional de Colombia lanzó la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte, Unidad de Planeación Minero Energética, 2019) con la que buscó definir acciones para acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica en Colombia. Uno de los objetivos específicos es el de definir las acciones que permitan el desarrollo de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en el país.

Es importante destacar que, el Gobierno de Colombia en los últimos años ha dedicado esfuerzos para el desarrollo de trabajos y estudios con el objetivo de analizar el contexto y proponer acciones que habiliten el despliegue de la movilidad eléctrica y recientemente, se están enfocando en la infraestructura de carga de los vehículos eléctricos. En este sentido, dados los esfuerzos previos del Gobierno de Colombia en el desarrollo de la movilidad eléctrica y la infraestructura de carga, la revisión de dichos estudios será un paso fundamental para el desarrollo de esta consultoría.

Con base en esto, se ha desarrollado este proyecto para apoyar al Gobierno de Colombia a través de un **análisis en profundidad sobre el desarrollo de una estrategia y una hoja de ruta para ampliar el despliegue de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos privados de forma rentable, incluyendo la creación de incentivos para la adopción de infraestructura de carga, así como, la participación del sector privado**, para que coincida dicha estrategia con las ambiciones nacionales de despliegue de vehículos eléctricos de Colombia (en adelante “el Proyecto”).

Adicionalmente se establecieron los siguientes objetivos específicos en el Proyecto:

1. **Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de cargas de vehículos eléctricos** con objeto de realizar una identificación preliminar de una estrategia adecuada para el despliegue de infraestructura de recarga de una manera sólida y rentable.
2. **Evaluar y optimizar los diferentes modelos de negocio, mecanismos de financiación** y los roles de las partes interesadas que permitan un despliegue de infraestructura de carga de vehículos eléctricos en Colombia de forma sustentable, coste efectiva y comercialmente viable, así como realizar una propuesta de la operación de un mecanismo financiero para el apoyo en el despliegue de infraestructura de carga.
3. **Trasladar las mejores prácticas internacionales de despliegue de infraestructuras** a Colombia, así como, desarrollar una **hoja de ruta con recomendaciones** personalizadas que respalden la expansión y optimización de la movilidad eléctrica en Colombia.

Estos objetivos se desarrollaron en cinco (5) productos contractuales¹. Esta tercera entrega presenta el avance del entregable 2, correspondiente al objetivo específico 2, el cual se centra en la evaluación de los diferentes modelos de negocio que habiliten el despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico (en adelante, VE) en Colombia.

B. Objetivos y actividades abordadas

De acuerdo con lo anterior, el objetivo específico de este documento es realizar una identificación y evaluación de los posibles modelos de negocio que habiliten el despliegue de la infraestructura de carga de una manera sólida y rentable.

Específicamente, el presente documento aborda las siguientes actividades:

1. Definir las necesidades fundamentales que estructurarán la implementación de la infraestructura de carga en el país;
2. Identificación de posibles Modelos de Negocio factibles en Colombia para el despliegue de infraestructura de carga;
3. Identificación de posibles Modelos de Negocio de uso potencial de infraestructura de carga para comercializar servicios a transporte público;
4. Ingresos derivados del servicio de carga de vehículos eléctricos.

Este enfoque integral no solo facilitará la toma de decisiones informadas, sino que también sentará las bases para la identificación de posibles apoyos públicos necesarios para incentivar un despliegue a gran escala de la infraestructura de carga en Colombia.

¹ AP. 0 Reporte Inicial. Calibración del alcance de los productos y Plan de trabajo.

AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico.

AP. 2 Modelos de negocio y mecanismos de financiación.

AP. 3 Trasladar las mejores prácticas internacionales de despliegue de infraestructuras a Colombia.

AP. 4 Reporte Final.

Estrategia de despliegue de la infraestructura de carga

La determinación del modelo de negocio para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en Colombia constituye una fase crucial en la transición hacia la movilidad sostenible. Esta etapa inicial se enfoca en definir las necesidades fundamentales que estructurarán la implementación de la infraestructura de carga en el país.

Este capítulo presenta un análisis de las necesidades y metas que orientan la determinación de los modelos de negocio para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en Colombia. Al abordar el '**cuántos**' de este proceso inicial, se establece una visión de la situación actual y futura de vehículos eléctricos e infraestructura de carga en Colombia, sentando las bases para una evaluación integral que contempla aspectos técnicos, operativos y estratégicos. El objetivo final es proporcionar un marco sólido que anticipe las necesidades futuras y permita avanzar hacia una movilidad eléctrica eficiente, sostenible y equitativa en el país.



1

Identificación de la demanda de Vehículos Eléctricos

Estimar la **demanda** y metas de **penetración** y cantidad futura de vehículos eléctricos **livianos** en Colombia.



2

Establecimiento de necesidades de Cargadores Públicos

Determinar las necesidades de cargadores públicos por cada VE considerando la demanda proyectada, **nivel de penetración** y **tecnología disponible**.

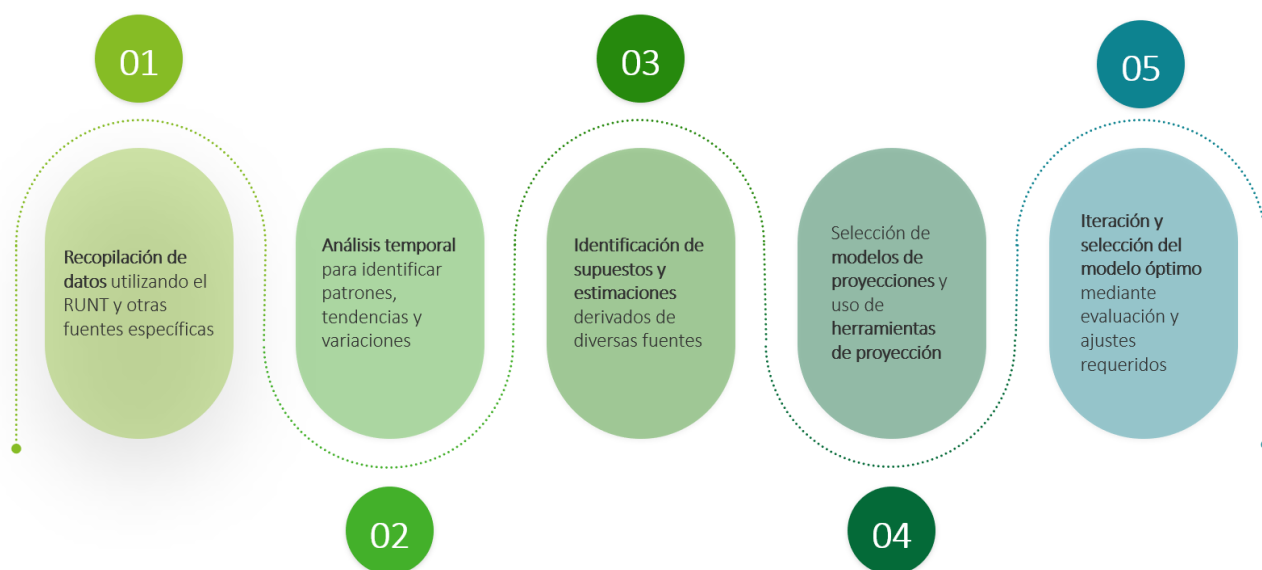
1. Identificación de la demanda objetivo de Vehículos Eléctricos

La identificación de la demanda objetivo de vehículos eléctricos es un aspecto importante para **dimensionar la infraestructura de carga** de manera precisa. El análisis se centra en definir las **metas que guiarán el despliegue de la infraestructura de carga**, considerando la creciente adopción de vehículos eléctricos y la necesidad de establecer una red de carga robusta y accesible en el territorio nacional.

El enfoque metodológico se basa en datos reales al año 2023 y en la identificación de distintos escenarios con un periodo proyectado de 2024 a 2030. Adicionalmente, considera únicamente los vehículos livianos como base de las proyecciones.

El proceso seguido para identificar la penetración futura de vehículos eléctricos se dividió en los siguientes pasos clave:

Figura 1. Enfoque metodológico para la construcción de proyecciones de vehículos eléctricos



Fuente: Análisis Deloitte²

Para la construcción de los escenarios, se ha tomado en consideración que, hasta **cierto nivel de madurez del mercado y porcentaje de penetración de vehículos eléctricos, será necesaria la participación predominante del sector público en los modelos de negocio que se establezcan para impulsar los proyectos de infraestructura de carga**³. Adaptado al contexto colombiano, **el sector público puede jugar un papel crucial en la promoción y adopción inicial de vehículos eléctricos** hasta, aproximadamente, un **3,00%**⁴ de penetración de vehículos eléctricos, a partir del cual su participación tenderá a disminuir.

Como resultado de lo anterior, se han creado tres escenarios distintos para reflejar diversas posibilidades futuras:

- El **Escenario 1 “Aspiracional”** se basa en la meta de 600.000 vehículos eléctricos para 2030, proyectando un crecimiento acelerado, especialmente en los primeros años. En este escenario, la meta del 3,00% de penetración se alcanzaría en un punto intermedio del año 2028 con, aproximadamente, **198.835 vehículos eléctricos**. Esto supone que en 2030, se alcance un 8,91% de penetración de vehículos eléctricos.
- En el **Escenario 2 “Conservador”**, se adopta una meta más moderada del 3,00% en 2030, con crecimiento sostenido. A finales del 2030, se estiman, aproximadamente, **202.081 vehículos eléctricos**.

² Otras fuentes específicas incluyen las entrevistas con *stakeholders* desarrolladas en el marco de la Actividad 1 de la Consultoría. Además, fuentes como el RUNT, la Agencia Internacional de Energía, Bloomberg y buenas prácticas y análisis Deloitte.

³ Fuente: (IRENA Agencia Internacional de Energías Renovables, 2019), (CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022), (USAENE, 2022)

⁴ Si bien no existe un punto de inflexión universal, ya que depende de los mercados, sí podríamos considerar razonable que se encuentre entre un 2 y un 5 %, con base a la visión del mercado internacional del consultor. En este sentido, consideramos razonable tomar el 3% como punto de inflexión, en línea con: (USAENE, 2022). Para ello el establecimiento de política pública que incentive dicho desarrollo será clave, más allá de los subsidios e incentivos fiscales que se puedan fijar. El 3% definido por USAENE, se identificó en el apartado 3.2 LECCIONES APRENDIDAS del Informe Final que menciona lo siguiente “Una vez se alcance esa masa crítica de VE que se observa entre el 1.5% y 3% de VE por el total del parque automotor, entonces se puede ir mudando a una estructura mixta público-privada, para finalmente tener un mercado desarrollado y con alta participación privada”. Entendiendo así que a partir de un 3% de penetración de vehículos eléctricos se considera que el mercado asociado a los vehículos eléctricos está desarrollado y por tanto, ya se dispondrá de un mercado con alta participación privada.

- El **Escenario 3 “Intermedio”** se fundamenta como un equilibrio entre perspectivas aspiracionales y conservadoras, estableciendo una meta del 6,00% de penetración de vehículos eléctricos en 2030. El 3,00% de penetración se alcanzaría en un punto intermedio del año 2029 con, aproximadamente, **199.836 vehículos eléctricos**.

De manera complementaria, se ha considerado la evaluación de un escenario con proyecciones de estudios previos⁵. No obstante, se observa que algunos de los supuestos subyacentes podrían requerir una actualización. Por esta razón, dicho escenario no ha sido incluido en el análisis detallado, debido a la posibilidad de que los datos subyacentes puedan no reflejar completamente la situación actual del mercado.

El detalle de la metodología de construcción de las proyecciones de vehículos eléctricos se encuentra en el

⁵ Fuente: (USAENE, 2022)

Anexos

Anexo 1. Construcción de proyecciones.

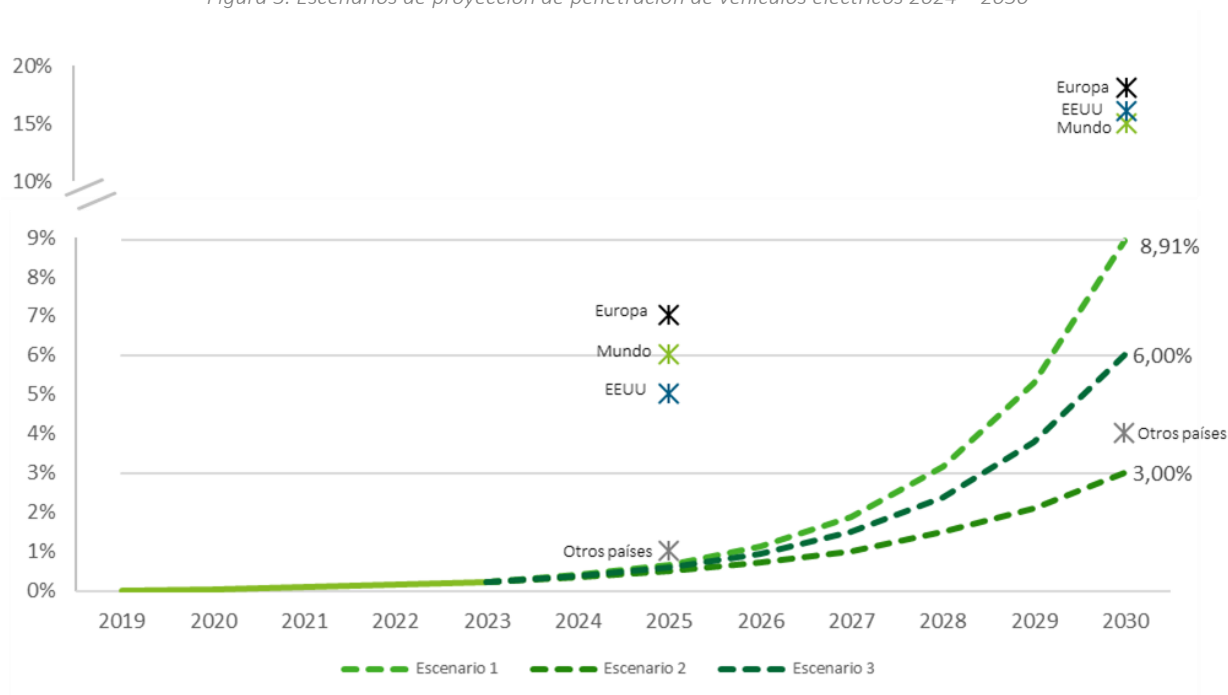
Figura 2: Proyecciones estimadas de vehículos eléctricos y porcentajes de penetración en el parque vehicular colombiano

Escenarios de proyecciones en 2030	 Vehículos eléctricos	 Penetración
Escenario 1 "Aspiracional" 600.000 VE en 2030	600.000	8,91%
Escenario 2 "Conservador" Penetración del 3% en 2030	202.081	3,00%
Escenario 3 "Intermedio" Penetración del 6% en 2030	404.162	6,00%

Fuente: Elaboración propia

La comparación con las proyecciones de penetración de vehículos eléctricos en otras regiones proporciona un contexto relevante para evaluar la posición relativa de Colombia en el escenario global de adopción de vehículos eléctricos, permitiendo identificar áreas de oportunidad y desafíos para fortalecer estrategias y políticas para garantizar un crecimiento sostenible y competitivo en el sector de la movilidad eléctrica en el país.

Figura 3. Escenarios de proyección de penetración de vehículos eléctricos 2024 – 2030⁶



Fuente: IEA⁷, Análisis Deloitte

En términos de penetración de vehículos eléctricos, se observa que para el año 2025, Europa, Estados Unidos y el Mundo proyectan niveles de adopción significativamente superiores en comparación con las estimaciones de los tres escenarios en Colombia. En cuanto a Otros países, las proyecciones de los tres escenarios se encuentran alineadas.

Mirando hacia el 2030, las proyecciones en Europa, Estados Unidos y el Mundo continúan mostrando una adopción sustancialmente superior en comparación con las estimaciones de los tres escenarios en Colombia. En este contexto, los escenarios 1 y 3 estiman que Colombia estaría por encima de la media de Otros Países (4%), mientras que en el escenario 2 los resultados estarían por debajo de dicha media.

Este análisis resalta que, aunque existe un crecimiento en la adopción de vehículos eléctricos en Colombia, aún hay un amplio camino a recorrer para equipararse con las tasas de penetración de vehículos eléctricos proyectadas en regiones como Europa y Estados Unidos. En este sentido, se remarca la necesidad de implementar políticas y acciones que impulsen la infraestructura de carga pública, promuevan incentivos y aborden los desafíos particulares que pueden estar afectando la adopción de vehículos eléctricos en Colombia.

⁶ Los datos de penetración para las regiones Mundo, Europa, Estados Unidos y Resto del Mundo, se encuentran alineados con proyecciones de la Agencia Internacional de Energía bajo un escenario de políticas declaradas (STEPS, por sus siglas en inglés). Asimismo, la región "Resto del Mundo" excluye Europa, Estados Unidos, China e India.

⁷ Fuente: análisis Deloitte y (Agencia Internacional de Energía (IEA), 2023)

2. Identificación de necesidades de cargadores públicos

El proceso de establecer las necesidades de cargadores desempeña un papel fundamental en la estrategia de despliegue de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Colombia. La creación de una red de infraestructura de carga pública eficiente es esencial para garantizar que se pueda satisfacer la creciente demanda de vehículos eléctricos en el país.

En general, a medida que aumenta el número de vehículos eléctricos, **la proporción de vehículos eléctricos por cargador puede ayudar a evaluar la idoneidad de la red de infraestructura de carga pública**. La potencia del cargador por vehículo eléctrico es una métrica esencial, ya que los cargadores rápidos pueden servir a un mayor número de vehículos eléctricos en comparación con los cargadores lentos. En este sentido, determinar el número adecuado de cargadores por VE implica considerar diversos factores, tales como la distancia media recorrida, la densidad de población, así como las tasas de propiedad de vehículos per cápita, niveles de penetración de vehículos eléctricos y patrones de uso de vehículos, entre otros posibles factores. En este contexto, **no es una tarea trivial establecer una métrica de disponibilidad que sea adecuada, ya que la eficiencia de la red de carga depende de una combinación única de estos factores**.

De las experiencias internacionales, se observa que a medida que aumenta la participación de los vehículos eléctricos en el parque automotor, la proporción de puntos de carga por VE tiende a disminuir. De manera similar, en países con stocks de vehículos eléctricos relativamente pequeños, es común encontrar ratios bajos de vehículos eléctricos por cargador, ya que la implementación inicial de la infraestructura de carga puede ocurrir antes de que se dé una penetración significativa de vehículos eléctricos en el parque automotor.



Experiencias internacionales

En este sentido, **la proporción óptima de vehículos eléctricos por cargador variará según las condiciones locales y las necesidades de los usuarios**. Las principales tendencias globales en 2022, en aquellos países donde han mostrado políticas para el desarrollo de la movilidad eléctrica más favorables, muestra un ratio de **alrededor de 10 vehículos eléctricos (BEV y PHEV) por cargador⁸**, si bien esta proporción evoluciona cuando se logra alcanzar cierta madurez de mercado⁹. La proporción de vehículos eléctricos por punto de carga se mantuvo relativamente constante durante el período 2015-2021, situándose por debajo de 10 VE por punto de carga en China, Corea y los Países Bajos. Esto refleja una implementación de infraestructura de carga que se ajusta a la velocidad de crecimiento del parque de VE. En Estados Unidos, el número de VE en las carreteras superó la cantidad de puntos de carga públicos, con aproximadamente 18 VE por punto de carga en 2021. Una tendencia similar se observa en Noruega, donde había solo unos pocos vehículos eléctricos por unidad de carga a principios de la década de 2010, en contraste con alrededor de 29 en 2021. Tanto en Noruega como en Estados Unidos, se caracteriza por una dependencia generalizada de la carga en el hogar, debido a la alta proporción de viviendas unifamiliares en comparación con los estándares internacionales. Parece que en países que confían más en la carga pública, la red de carga se está expandiendo en consecuencia, mientras que en aquellos con altas tasas de carga residencial, menos cargadores públicos pueden atender a un mayor número de VE.

⁸ Fuente: (Agencia Internacional de Energía (IEA), 2023)

⁹ Un aspecto relevante a destacar es que las políticas implementadas para el desarrollo de infraestructura de carga pública se acompañan típicamente en estos países de políticas que promueven la infraestructura de carga privada, ya que las necesidades de carga pública dependerán a su vez de la disponibilidad de carga privada.

Diversos países han establecido ratios sugeridos, generalmente para periodos de corto o mediano plazo. Por ejemplo, la directiva 2014/94/UE de la Unión Europea que sugiere un punto de carga cada 10 VE¹⁰ o, la propuesta en India de alcanzar un ratio de 15 vehículos eléctricos por cargador hacia el año 2024.¹¹

Adicionalmente, si bien en Chile en 2023 disponía de 908¹² puntos de carga de acceso público, lo que supuso un ratio de aproximadamente **7 vehículos eléctricos (BEV y PHEV) por cargador de acceso público** y dispone de una *“Hoja de Ruta para el avance de la electromovilidad en Chile”* en la cual se define como meta el objetivo de *“Contar con un Plan Nacional de Infraestructura de Carga Pública en 2025, en el que se contemple que en rutas interurbanas los puntos de recarga estén distanciados a no más de 100 kilómetros”*, **no especifica un objetivo específico de puntos de carga a futuro a nivel nacional, así como un objetivo de ratio de número de vehículos eléctricos por cargador a alcanzar.**

Del mismo modo, en el caso de Perú, en 2023 se disponía de 53 puntos de carga¹³ de acceso público y 556 vehículos eléctricos¹⁴ (BEV y PHEV), **lo que supuso un ratio de aproximadamente 10 vehículos eléctricos por cargador de acceso público y**, en Ecuador en 2023 se disponía de 94 puntos de carga¹⁵ de acceso público y 1.823 vehículos eléctricos¹⁶, **lo que supuso un ratio de aproximadamente 19 vehículos eléctricos por cargador de acceso público.**

Estas referencias destacan la diversidad de enfoques a nivel mundial, a la vez que indican que el impulso nacional en etapas tempranas es relevante.

A diciembre de 2023, en Colombia circulaban cerca de 14.271 vehículos eléctricos livianos¹⁷ y su nivel de penetración corresponde al 0,24%¹⁸, en relación con el parque de vehículos livianos de Colombia. Además, se han identificado, aproximadamente, 218 estaciones de carga¹⁹. De igual forma se estima que es habitual que existan, aproximadamente, 2 cargadores por cada estación de carga, de acuerdo con entrevistas individuales realizadas a *stakeholders*, talleres y otras fuentes públicas, lo que implicaría que en Colombia, podría haber un total de 436 puntos de carga²⁰. Teniendo en cuenta estas cifras, se puede estimar la siguiente proporción de vehículos eléctricos por punto de carga en Colombia:

¹⁰ A título indicativo, el número adecuado de puntos de recarga debe ser equivalente al menos a un punto de recarga cada 10 vehículos, teniendo asimismo en cuenta el tipo de vehículos, la tecnología de carga y los puntos de recarga privados disponibles. En este sentido, la Directiva 2014/94/UE de la Unión Europea especifica que los Estados Miembro deberán determinar un número adecuado de puntos de recarga accesibles al Público, así como su tipología, en función de sus marcos de acción nacionales.

¹¹ Si bien en el análisis se ha contemplado que países como Chile (que dispone de una *“Hoja de Ruta para el avance de la electromovilidad en Chile”* en la cual se define como meta el objetivo de contar con un Plan Nacional de Infraestructura de Carga Pública en 2025, en el que se contemple que en rutas interurbanas los puntos de recarga estén distanciados a no más de 100 kilómetros

¹² Fuente: (Gobierno de Chile. Ministerio de Energía. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2023)

¹³ Fuente: (Asociación Automotriz del Perú (AAP), 2023)

¹⁴ Fuente: (Electromaps, 2023)

¹⁵ Fuente: (Electromaps, 2023)

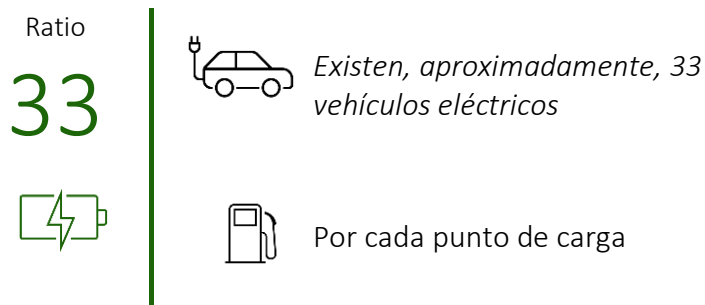
¹⁶ Fuente: (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2024)

¹⁷ De acuerdo a la definición del RUNT que define el término de vehículos livianos a las categorías como automóviles, camionetas, pick ups, vans, utilitarios y otros vehículos de dimensiones y pesos similares. Esta aclaración se establece para delimitar el alcance de las proyecciones y realizar una evaluación específica en el segmento de vehículos eléctricos de menor envergadura. Cualquier consideración adicional de vehículos de mayor tamaño o categorías específicas quedará fuera del alcance de estas proyecciones particulares.

¹⁸ Fuente: análisis Deloitte sobre datos de ANDEMOS (Asociación Nacional de Movilidad Sostenible, 2023). El detalle de la construcción de estas cifras se encuentra en el *Anexo 1. Construcción de proyecciones*.

¹⁹ Fuente: análisis Deloitte sobre datos de (Electromaps, 2023). Esta cifra puede presentar variaciones con la realidad, teniendo en cuenta que el registro de estaciones de carga en Electromaps es realizado por los usuarios de manera voluntaria.

²⁰ Fuente: análisis Deloitte con base en entrevistas individuales a *stakeholders* e información pública limitada disponible, incluyendo registros fotográficos de las estaciones de carga disponibles en Electromaps (Electromaps, 2023) y en PlugShare



Con base a estos resultados, y atendiendo a las necesidades transmitidas por los principales agentes en entrevistas y talleres, se considera fundamental la definición de una **estrategia nacional de despliegue adaptada a sus condiciones particulares que consiga disminuir el ratio y, consecuentemente incentivar y acelerar el desarrollo de la movilidad eléctrica en Colombia.**

Atendiendo al desarrollo del mercado del VE mencionado anteriormente y con objeto de contemplar el **grado de despliegue todavía incipiente y poco maduro en Colombia**, se proponen diferentes fases temporales, que permitirían un despliegue de infraestructura de carga gradual, con base en la penetración de vehículos eléctricos livianos estimados en el parque automotor de Colombia²¹:

²¹ La propuesta faseada de despliegue, con requerimientos diferidos en relación con nueva infraestructura de carga, implica que la nueva infraestructura de carga se adecuaría a las nuevas necesidades tecnológicas esperadas de los nuevos vehículos eléctricos que se vayan adoptando en Colombia, tentativamente, con tecnología más madura, que permita autonomías más amplias y cargas más rápidas, así como una mayor disponibilidad de infraestructura privada, que permite optimizar mejor las necesidades de uso de infraestructura pública.

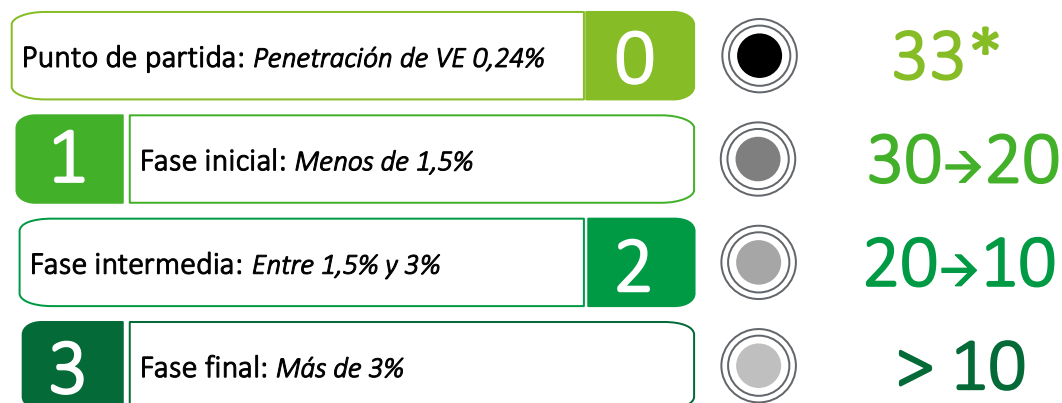
Figura 4: Propuesta de diferentes fases temporales para el despliegue de infraestructura de carga en base a la penetración de vehículos eléctricos en Colombia

I. Fase inicial	II. Fase intermedia	III. Fase final
Menos de 1,5% de VE	1,5% a 3% de VE	Más de 3% de VE
En un mercado emergente con baja penetración de VE para incentivar la adopción de VE, se propone un despliegue gradual de infraestructura de carga hasta alcanzar un nivel de penetración de VE del 1,5%. En esta fase inicial, el ratio de cargadores por vehículo eléctrico debería ir incrementando hasta alcanzar el porcentaje de penetración deseado.	El 3% de penetración de VE marcaría el pico máximo del ratio de cargadores por VE, lo que supone alcanzar un grado de despliegue infraestructura de carga robusto, a partir del cual las necesidades unitarias de infraestructura de carga por VE serán menores. En esta etapa, se busca equilibrar la oferta y la demanda de carga , asegurando una adecuada cobertura de cargadores públicos para la esperada creciente penetración de vehículos eléctricos.	A partir del momento en que es alcanzado el 3% de penetración de VE, se estima que el crecimiento de VE sea en mayor proporción que las necesidades unitarias de infraestructura de carga, y por lo tanto se espera que esta tenga un crecimiento menor en relación con los VE, lo que resultaría en una disminución progresiva del ratio de cargadores por VE . Es decir, ambos factores seguirán incrementando, pero el crecimiento de VE se dará con mayor rapidez que el crecimiento de infraestructura.

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, la estrategia propuesta para Colombia consistiría en el establecimiento de **ratios dinámicos en función del desarrollo esperado del mercado de vehículos eléctricos**, con objeto de favorecer un proceso progresivo y adaptable a las diferentes etapas de madurez del mercado. Así pues, en una fase inicial, hasta alcanzar un 1,5% de penetración de VE livianos, la meta consistiría en lograr un ratio mínimo de 20 vehículos eléctricos por punto de carga, dado el estudio de las experiencias internacionales y en concreto el caso de Ecuador. Posteriormente, en una fase intermedia, hasta alcanzar un nivel de madurez de mercado mínimo, con un 3% de penetración de VE, la meta de infraestructura de carga se ajustaría a un ratio mínimo de 10 vehículos eléctricos por punto de carga, atendiendo al estudio de las experiencias internacionales y en concreto, el caso de Chile. Adicionalmente, en una fase posterior, se esperaría que este ratio se podría incrementar progresivamente por encima de los 10 vehículos eléctricos por punto de carga a medida que la penetración incrementa y la madurez del mercado evoluciona.

Figura 5: Propuesta de ratios dinámicos aplicable al ratio de VE por punto de carga en función del desarrollo esperado de VE en Colombia

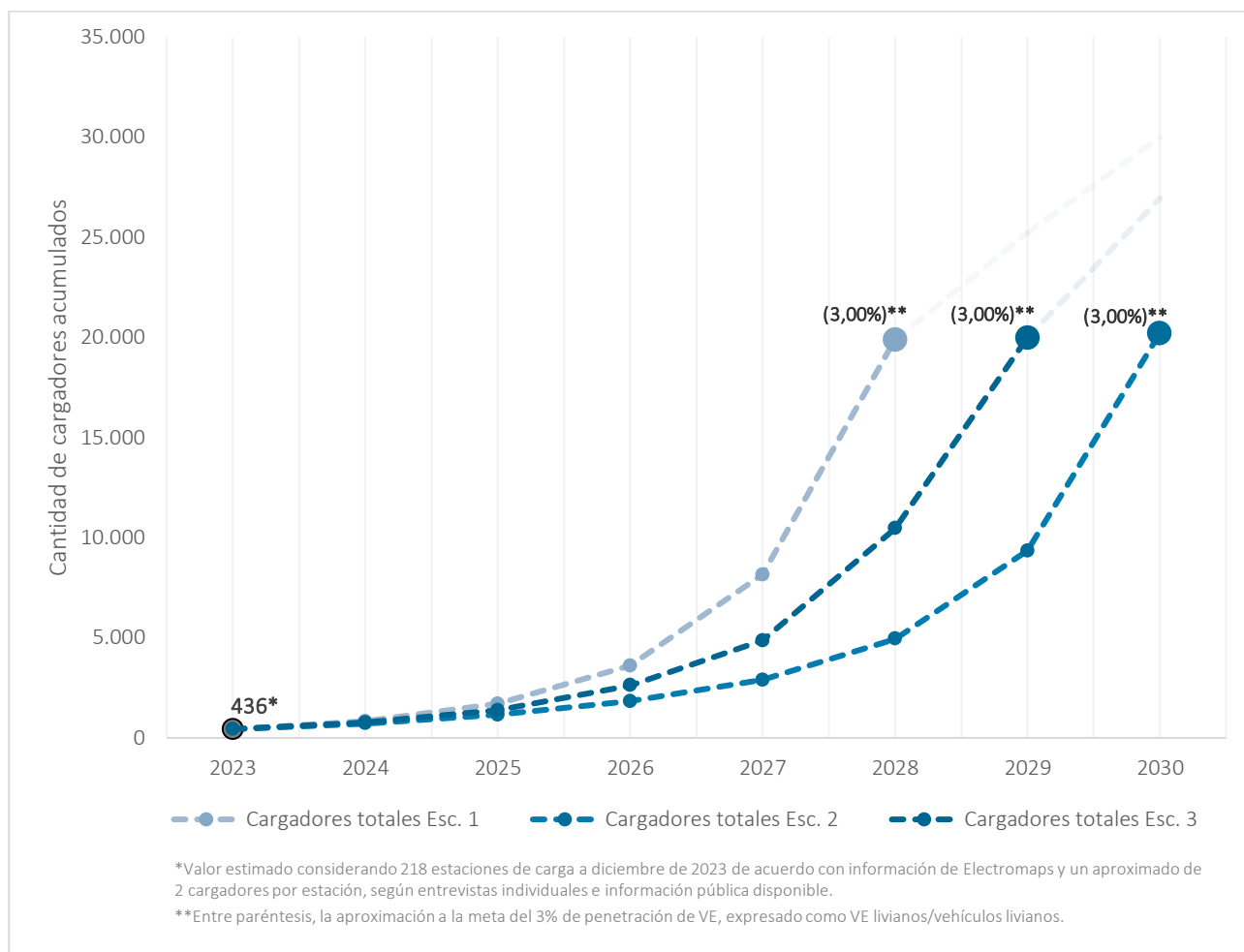


*Valor estimado considerando 218 estaciones de carga a diciembre de 2023 de acuerdo con información de Electromaps y un aproximado de 2 cargadores por estación, según entrevistas individuales e información pública disponible.

Esta propuesta pretende establecer una meta específica, lo que se considera esencial para proporcionar una dirección clara y medible. No obstante, **estas cifras representan metas nacionales a alcanzar y no límites estrictos. Durante las fases iniciales, es plausible que la proporción objetivo pueda variar en sus rangos**, y que especialmente estos ratios no sean homogéneos en todo el territorio nacional. Si bien como veremos en este entregable, se espera que esta penetración se vea acompañada de diferentes modelos de negocio y esquemas de apoyo público, la configuración del mercado que se da en Colombia dependerá de otros múltiples factores, como las condiciones cambiantes del mercado y otros factores que pueden influir en la demanda y la infraestructura de carga. Por lo tanto, esta **estrategia propuesta, se trata de ajustar a la necesidad de evolucionar paulatinamente, asegurando una transición fluida hacia una red de carga óptima en cada etapa del desarrollo del mercado de vehículos eléctricos en Colombia.**

Retomando los escenarios de proyecciones de vehículos eléctricos livianos, así como a la evolución de los ratios definidos de VE por punto de carga, los resultados que se podrían proyectar inicialmente, atendiendo a esta progresividad en el despliegue de la infraestructura de carga, podría mostrar una tendencia como la mostrada en la siguiente figura:

Figura 6. Metas estimadas de cargadores totales en Colombia bajo los distintos escenarios de proyección



Fuente: análisis Deloitte

Estas necesidades de infraestructura de carga pública para favorecer el desarrollo de la movilidad eléctrica en Colombia, a su vez viene acompañada de la necesidad de que este despliegue de puntos de recarga públicos sea consistente tecnológicamente con las necesidades de carga de los usuarios, **siendo un aspecto fundamental la velocidad de carga que se pueda requerir, lo que deriva en que es necesaria una proporción adecuada entre carga pública rápida y lenta.**

En este sentido, esta distinción radica en la velocidad de carga y los niveles de potencia, ya que la carga rápida ofrece recargas rápidas para uso inmediato, mientras que la carga lenta proporciona una opción más gradual y conveniente para sesiones de carga durante la noche o prolongadas. Aterrizado al contexto colombiano, se referencia a cargadores en categorías de carga rápida (entre 40 kW y 60 kW en DC) y lenta (entre 7 kW y 11 kW en AC) para atender diferentes usos y demandas del usuario, en línea con el “Entregable 1: Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”²².

²² En línea con la Resolución número 40223 de 9 de Julio de 2021 “por la cual se establecen las condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables” estas categorías que se definen a efectos de este documento corresponden en el caso de la carga rápida con el Nivel de carga 3 descrito en dicha Resolución y en el caso de la carga lenta se corresponde con el Nivel de carga 2.

La distribución de la potencia de los cargadores generalmente se basa en elementos clave como las **necesidades del mercado**, los **usos típicos de los cargadores**, la consideración de **las zonas estratégicas nacionales**²³ y la **evolución tecnológica** tanto de los VE como de los puntos de carga. No obstante, **la evolución en las preferencias de los usuarios**, desde la **preocupación por la autonomía de los VE** hasta la **inquietud por la disponibilidad de puntos de carga**, también influirá en la **frecuencia, velocidad y ubicación de las estaciones de carga**.



Experiencias internacionales

Al observar las tendencias globales a nivel mundial, se identifica que, en el año 2022, la proporción de carga rápida a nivel mundial estaba en el 33%, proyectándose un aumento a aproximadamente el 38% para el año 2030²⁴. Sin embargo, estas cifras consideran regiones con un desarrollo mayor en términos de movilidad eléctrica, como por ejemplo China, Estados Unidos, India y Europa, por lo cual establecer objetivos similares en Colombia podría no ser consistente con las necesidades de su contexto actual, considerando aspectos tales como el parque de VE que se está desarrollando en Colombia (con determinadas capacidades de carga máxima y autonomías máximas), el uso asociado que típicamente se le da a los vehículos livianos en Colombia (normalmente, con desplazamientos cortos en zonas urbanas) y la capacidad de acceso a una carga privada (posibilidad de disponer una plaza de garaje privada en relación con otras geografías), entre otros. En este sentido, considerando lo anterior, podría sugerir una necesidad de carga rápida menor que en las geografías mencionadas. Si en este análisis, excluimos estas geografías más evolucionadas en términos de desarrollo del mercado de la movilidad eléctrica, observamos que **la carga rápida en el resto del mundo alcanzó un 14% a finales de 2022**²⁵ (para simplificar, en adelante se considera un porcentaje de carga rápida del 15% respecto al total de cargadores).

Existe una tendencia de **iniciar con una mayor proporción de cargadores lentos en fases iniciales e intermedias de madurez del mercado**, con objeto de dar una señal fuerte a los usuarios, y dada su menor complejidad técnica y costos iniciales más bajos. **A medida que la tecnología evoluciona y se vuelve más accesible, es común observar un aumento en la proporción de cargadores rápidos**. Este enfoque se alinea con la dinámica del mercado y la disminución esperada en los costos de las tecnologías de carga, permitiendo una distribución estratégica y eficiente de los recursos.

No obstante lo anterior y, con el fin de **adaptar esta distribución de cargadores a las necesidades colombianas**, se precisa un **análisis de mayor profundidad**, donde se combine diferentes aspectos, que **determinarán la tipología de infraestructura de carga necesaria**. En este sentido, se han estudiado los siguientes aspectos²⁶:

²³ Incluyendo entornos de baja densidad de población, urbanos, carreteras, Hubs de movilidad y otros detallados en el apartado de “Identificación de zonas estratégicas de Colombia”

²⁴ Fuente: (Agencia Internacional de Energía (IEA), 2023), (BloombergNEF, 2023)

²⁵ Fuente: (Agencia Internacional de Energía (IEA), 2023), (BloombergNEF, 2023)

²⁶ En el apartado de este documento “3. Identificación de posibles Modelos de Negocio factibles en Colombia” y en concreto en el apartado “3.1 ¿Dónde, qué tipologías e inversión potencial es necesaria?” se aborda el estudio de los aspectos sobre la caracterización de la zona estratégica y los patrones de uso. Por otro lado, en el apartado “2. Propuesta para el despliegue en la red vial nacional y Hubs de movilidad” del capítulo llamado “Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia” se aborda el estudio de la tecnología presente en los vehículos de Colombia. Específicamente, se identifica en el “Anexo 2. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia” en el apartado “Recopilación de datos de los modelos de vehículos eléctricos más comercializados en Colombia”.

Figura 7: Aspectos analizados con el objeto de calcular la distribución de cargadores a las necesidades Colombianas

Caracterización de la zona estratégica	Identificación de ubicaciones (vía nacional, un Hub de movilidad, una ciudad principal o intermedia, u otras ubicaciones, entre otras), con objeto de garantizar una disponibilidad de infraestructura mínima, que garantice un acceso suficiente. Para ello, es importante considerar aspectos tales como densidad de población, índice de pobreza multidimensional, nivel de penetración de la movilidad eléctrica, entre otros factores.
Patrones de uso	La velocidad de carga se adapta según la ubicación, lo que significa que las preferencias de carga de los consumidores tienen un impacto significativo en la mezcla de velocidades. Por ejemplo, la carga en zonas de trabajo o de comercio puede ser más apropiada con cargadores más lentos en comparación con la carga rápida propias de las estaciones de servicio en vías nacionales.
Tecnología	Tecnologías específicas presentes en los vehículos puedan no ser compatibles con la carga rápida, con base en las marcas y modelos más representativos del parque automotor eléctrico colombiano. Así como la autonomía de los VE disponibles en Colombia, considerando la diversidad de modelos, sus capacidades de batería y las tendencias de mejoras tecnológicas. Esto implicará que la potencia de carga desplegada debe ser consistente con la tecnología de los VE.

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de lo anterior, considerando el desarrollo actual y proyectado del mercado de VE en Colombia, el análisis de costos de infraestructura de carga realizado en el “Entregable 1: Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”, la diferenciación en los umbrales de potencia para carga rápida y carga lenta específicos en Colombia, y otras consideraciones basadas en las experiencias internacionales, se identifica en nuestros análisis lo siguiente:

Derivado del estudio de las experiencias internacionales y en relación con la proporción de cargadores rápidos y lentos, inicialmente se ha identificado unas **necesidades de carga rápida inferiores en Colombia en relación con la media internacional**, lo que deriva en una distribución en la infraestructura de carga, de aproximadamente 15 cargadores rápidos y 85 cargadores lentos, por cada 100 cargadores, en las fases iniciales hasta alcanzar una penetración de un 3% de VE en el parque vehicular ligero de Colombia.

En conclusión, las experiencias internacionales destacan la relevancia de definir objetivos de despliegue de infraestructura de carga pública ya que puede dar las señales adecuadas para activar el mercado de la movilidad eléctrica. Del mismo modo, se reconoce un despliegue heterogéneo entre los países, tanto en términos de porcentaje de penetración de VE como en la cantidad y tipología de infraestructura de carga, adaptándose a las particularidades y necesidades de cada zona estratégica de los países.

En los siguientes apartados, se profundiza este análisis **con base en el contexto colombiano con objeto de proporcionar una estrategia de despliegue adecuada a cada zona estratégica**, contemplando para cada zona, tanto el modelo de negocio óptimo como la aproximación de infraestructura de carga pública nacional con base en los 3 escenarios de penetración de VE en Colombia.

En concreto:

- En el apartado *“Identificación de posibles Modelos de Negocio factibles en Colombia para el despliegue de infraestructura de carga”*, se proporciona **el análisis realizado para conocer el contexto Colombiano y de este modo, conocer las zonas estratégicas de Colombia donde priorizar el despliegue con su tipología de carga predominante así como los modelos de negocio más adecuados para cada zona.**
- En el apartado *“Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia”*, se proporciona **el análisis realizado para conocer el número aproximado de puntos de carga por zona estratégica identificada, la distribución entre puntos de carga rápidos y lentos de cada zona, la estimación de la inversión necesaria y las necesidades de apoyo público para incentivar el despliegue a gran escala de la infraestructura de carga pública.**

Identificación de posibles Modelos de Negocio factibles en Colombia para el despliegue de infraestructura de carga

En el capítulo anterior de este documento llamado “Estrategia de despliegue de la infraestructura de carga”, se han sentado las bases cuantitativas que enmarcan las necesidades y proyecciones de movilidad eléctrica e infraestructura de carga en el contexto colombiano, proporcionado una visión clara y matizada de la demanda emergente en este sector en constante evolución.

Para traducir esta información en acción práctica, avanzamos desde la planificación estratégica de la infraestructura hacia la identificación de modelos de negocio aplicados para alcanzar su despliegue efectivo. En la exploración de **modelos de negocio** para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, es crucial considerar **algunas cuestiones relevantes a las que dar respuesta en el proceso de definición y estructuración de los modelos de negocio**:



¿Quién es el **propietario** de la infraestructura de carga?

¿Quién **construye** e instala la infraestructura de carga?

¿Quién **opera** la infraestructura de carga (CPO), así como quién es el **proveedor de servicios** de movilidad eléctrica (MSP)?



¿Cuál es el **rol del Gobierno**, así como de los Departamentos, Municipios?

¿Cuál es el rol de las empresas de servicios públicos (**ESP**)?

¿Y del **Sector Privado**?



¿Cuánta **inversión inicial** se necesita?, ¿En **qué zonas**? Y ¿**Cómo puede financiarse** el despliegue?

¿Cuál es el **modelo de negocio** asociado al despliegue de la infraestructura de carga?

En la actualidad, la respuesta a las preguntas anteriores ha supuesto la definición de múltiples modelos de negocio. La complejidad del despliegue de la infraestructura de carga pública se refleja en la **diversidad de enfoques que se despliegan en torno a la infraestructura de carga** para vehículos eléctricos. Este documento busca desentrañar algunos de los aspectos clave que influyen en el diseño de los modelos de negocio asociados a dicha infraestructura de carga. Adicionalmente, es posible que en **un mismo país, región y/o ciudad puedan existir varios modelos de negocio asociados a la infraestructura de carga, cada uno ajustándose a las particularidades y riesgos de su entorno**, por ejemplo, en función de la ubicación (en vías nacionales, en Hubs de movilidad, en ciudades, etc.), la tipología de carga que se instale, madurez del ecosistema, demanda esperada, así como los costos asociados al acceso a la red eléctrica y otros factores determinantes.

La sostenibilidad y expansión de la infraestructura de carga pública están intrínsecamente ligadas a **la capacidad de los modelos de negocio para lograr un cierre financiero sin depender exclusivamente de esquemas de apoyo**. Si bien algunos modelos pueden no ser autosuficientes en este aspecto, **la implementación de esquemas de respaldo se vuelve esencial para impulsar el desarrollo** de la infraestructura de carga pública. La eficacia de estos esquemas, sin embargo, varía según los objetivos nacionales que cada país define. Y para alcanzar estos objetivos, los esquemas de apoyo se convierten en herramientas cruciales para superar las barreras económicas y fomentar la inversión en infraestructura de carga de vehículo eléctrico.

La infraestructura de carga, por otro lado, **opera como una red interconectada que involucra a diversos actores, desde Empresas de Servicios Públicos (ESP) hasta entidades gubernamentales y empresas privadas.** La claridad en las responsabilidades y obligaciones de cada contraparte es necesaria para garantizar un funcionamiento eficiente de esta red. La definición precisa de roles en el modelo de negocio que se estructure contribuye a la **colaboración entre los diferentes actores y proporciona un marco sólido** para el desarrollo a gran escala de la infraestructura de carga.

Con el propósito de determinar qué modelos de negocio resultan más apropiados para lograr un despliegue a gran escala de la infraestructura de carga pública en diversas ubicaciones de Colombia, este apartado se enfoca en evaluar la capacidad de cada modelo para gestionar los riesgos derivados del contexto colombiano. La evaluación y gestión eficiente de estos riesgos se convierten en elementos determinantes para el éxito a largo plazo. Por lo tanto, resulta esencial llevar a cabo un **análisis de los riesgos presentes en las distintas zonas estratégicas de Colombia y a lo largo de cada etapa de la cadena de valor, estableciendo una relación con la capacidad de cada modelo para mitigar dichos riesgos particulares.**

En consecuencia, la **elección del modelo de negocio en cada zona de Colombia dependerá de la preferencia en la mitigación de determinados riesgos**, orientando la búsqueda hacia el modelo más adecuado según las necesidades que quieran cubrirse.

Este capítulo sienta las bases para la formulación de estrategias efectivas y se erige como una guía para explorar y evaluar diversos modelos de negocio que pueden desarrollarse en torno a la infraestructura de carga, abordando los riesgos que existen en torno al despliegue de la misma.

Específicamente, el presente documento aborda las siguientes actividades:



Abordar las **diversas fases de la cadena de valor** para garantizar el funcionamiento integral y eficiente del ecosistema de carga eléctrica.



Identificar **posibles modelos de negocio que existen en función de cómo se define la Propiedad y Responsabilidad** de los agentes que participan en el despliegue de la infraestructura de carga.



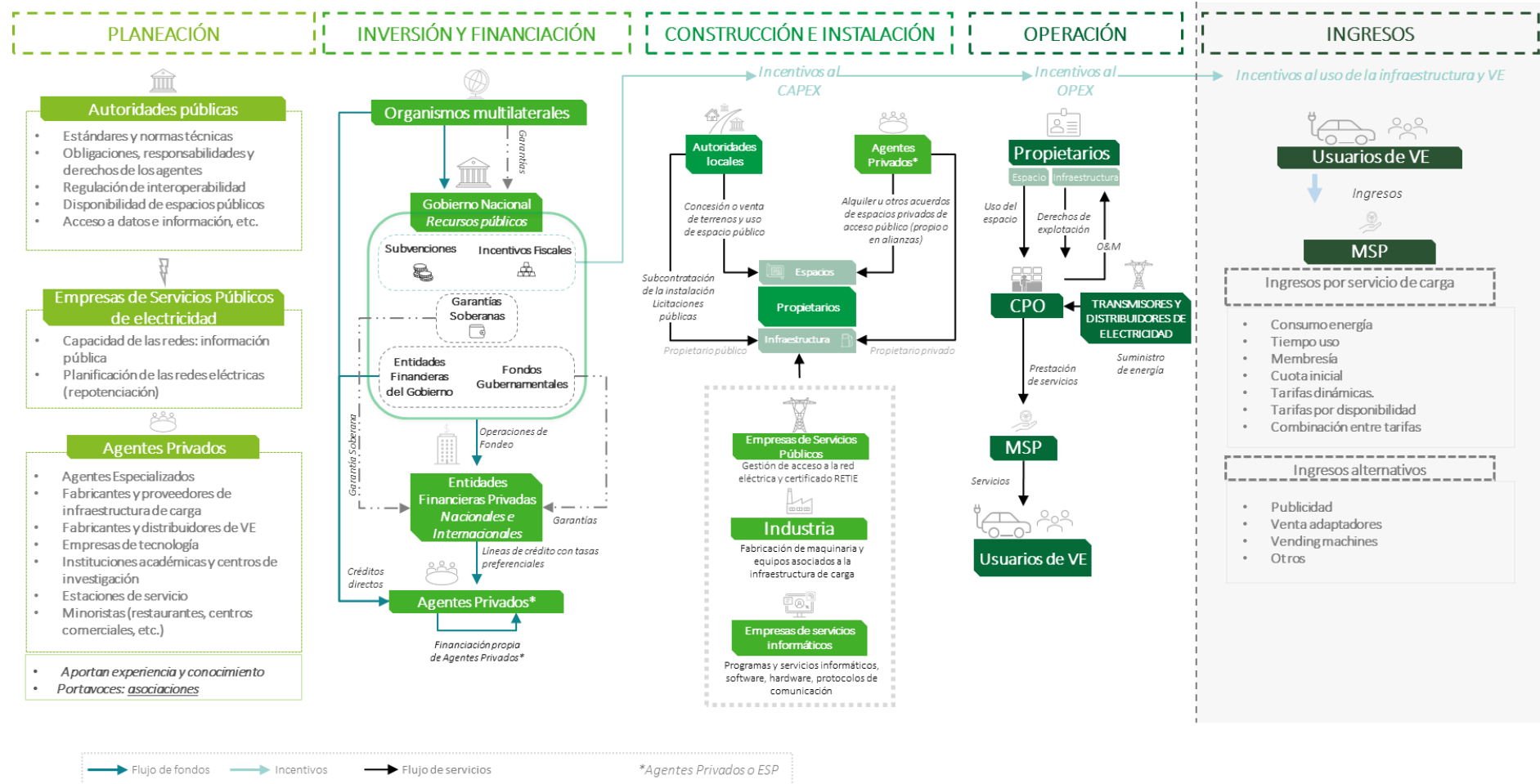
Identificar potenciales **modelos de negocio** en función de la **ubicación** de la infraestructura de carga **en Colombia.**

1. Cadena de valor principal en torno a la infraestructura de carga

La cadena de valor en la infraestructura de carga de vehículos eléctricos abarca diversas etapas, desde la planeación hasta la generación de ingresos. **Cada una de estas fases tiene la flexibilidad de adaptarse y configurarse de diferentes maneras según el modelo de negocio elegido para implementar la infraestructura de carga.**

Se expone a continuación un esquema ilustrativo de las etapas de la cadena de valor:

Figura 8. Cadena de valor en el despliegue de la infraestructura de carga pública (ilustrativo no exhaustivo)



Fuente: Elaboración propia²⁷

²⁷ CPO, por sus siglas en inglés Charging Point Operator
MSP, por sus siglas en inglés Mobility Service Provider

Considerando la estructura presentada, la cadena de valor de la infraestructura de carga comprende cinco etapas clave: planificación, inversión y financiación, construcción e instalación, operación y generación de ingresos.

Planeación	En esta fase inicial, a nivel nacional se establece la creación de un marco regulatorio, comercial y operativo que responda a las necesidades específicas del entorno asociado a la infraestructura de carga (estándares y normas técnicas, obligaciones, responsabilidades y derechos de los agentes, etc.) Por otro lado, a nivel de proyecto de infraestructura de carga, se establecen los cimientos para el despliegue efectivo de la infraestructura de carga. Implica la identificación de ubicaciones estratégicas, planificación de redes eléctricas, la definición de la propiedad, obligaciones, beneficios y responsabilidades que cada agente que participe dispondrá, entre otros elementos. Es común que las decisiones sobre la titularidad y la gestión se consoliden en este punto, estableciendo las bases para la operación a largo plazo. La interacción entre autoridades locales públicas, agentes privados, ESP y otros participantes es esencial para estructurar y definir la propiedad y responsabilidades de cada agente de forma coherente y sostenible. El propietario de la infraestructura generalmente es aquel que en los registros de la propiedad ejerce como titular de las estaciones de carga. El propietario suele ser el que acarrea los costos relacionados con la adquisición y compra de las estaciones de carga, así como el costo de usufructo de los espacios cedidos por las administraciones públicas u otros agentes privados.
Inversión y financiación	Una vez delineados los requisitos y el marco normativo, la etapa de inversión y financiación se enfoca en asegurar los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la visión trazada. Desde la búsqueda de inversionistas hasta la estructuración de acuerdos financieros sólidos, esta fase es esencial para la materialización del proyecto.
Construcción e instalación	Durante esta fase, se implementan físicamente las estaciones de carga, se gestiona la ejecución de proyectos, los posibles sobrecostos que se produzcan y se garantiza que la infraestructura cumpla con las normas técnicas y de seguridad establecidas.
Operación <i>Transversal en los modelos de negocio</i>	Una vez que la infraestructura está instalada, la fase de operación entra en juego. Aquí, se gestiona la operatividad diaria, se realizan mantenimientos preventivos y correctivos y, se asegura el rendimiento óptimo de las estaciones de carga. Dentro de esta fase se toman en cuenta los diferentes roles que asumen los diferentes agentes dentro de la operación de los diferentes puntos de carga de acceso público para vehículo eléctrico. El esquema de operación básico se encuentra detallado en el

Operación (cont.)	<i>Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”²⁸.</i> Aunque la operación es una fase intrínseca en la cadena de valor de la infraestructura de carga, su incidencia en la determinación del modelo de negocio generalmente se limita principalmente a la designación por parte del propietario de la infraestructura de carga del CPO y del MSP que operarán la infraestructura. La elección de estos actores es crucial para el rendimiento diario y la entrega eficiente de servicios.
Generación de ingresos	Se enfoca en establecer y ejecutar estrategias para generar ingresos sostenibles a partir de la infraestructura de carga. Esto podría incluir modelos de tarificación, acuerdos comerciales y la exploración de oportunidades de asociación. Si bien esta constituye una fase en la cadena de valor, es una dimensión transversal que impacta varios modelos de negocio. Los actores que se benefician de la actividad desarrollada en esta fase ciertamente influirán en la configuración de los modelos de negocio. Sin embargo, es en la etapa de planificación, donde generalmente se aborda en gran medida la asignación de obligaciones, beneficios y responsabilidades. Por lo tanto, este tema específico de estrategias para generar ingresos se desarrollará más adelante, centrándose en la identificación de potenciales niveles en tarifas de carga y su competitividad.

En cada una de estas etapas, como más adelante se analizará, **surgen riesgos potenciales que pueden afectar la viabilidad y el éxito a largo plazo del proyecto** que se estructure para impulsar la infraestructura de carga pública. Identificar y mitigar estos riesgos es relevante y, es aquí donde los modelos de negocio desempeñan un papel esencial. Desde desafíos en la construcción e instalación de la infraestructura hasta la adaptación a cambios en la demanda, cada modelo de negocio debe abordar los riesgos de manera estratégica. **La capacidad para anticipar y responder a los desafíos inherentes a cada etapa no solo garantiza la estabilidad operativa, sino que también contribuye a la construcción de una infraestructura de carga robusta y adaptable a las necesidades cambiantes del entorno.**

2. Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades

A medida que la transición hacia vehículos eléctricos gana impulso, se vuelve esencial explorar las distintas formas en que la cadena de valor de la infraestructura de carga se puede conceptualizar. La elección del modelo de negocio más adecuado asociado al despliegue de infraestructura de carga pública requiere una cuidadosa consideración de factores clave.

Cuando se evalúa un modelo de negocio asociado a la infraestructura de carga pública de vehículos eléctricos, resulta crucial **comprender cuáles serán los más efectivos** en función del **entorno específico de la ubicación** o negocio donde se planea instalar las estaciones de carga, así como del **uso potencial** de dicha infraestructura de carga. Además, es esencial considerar los **costos típicos asociados con la implementación y operación de estas estaciones**. En este sentido, **en la etapa de la cadena de valor correspondiente a la planificación del**

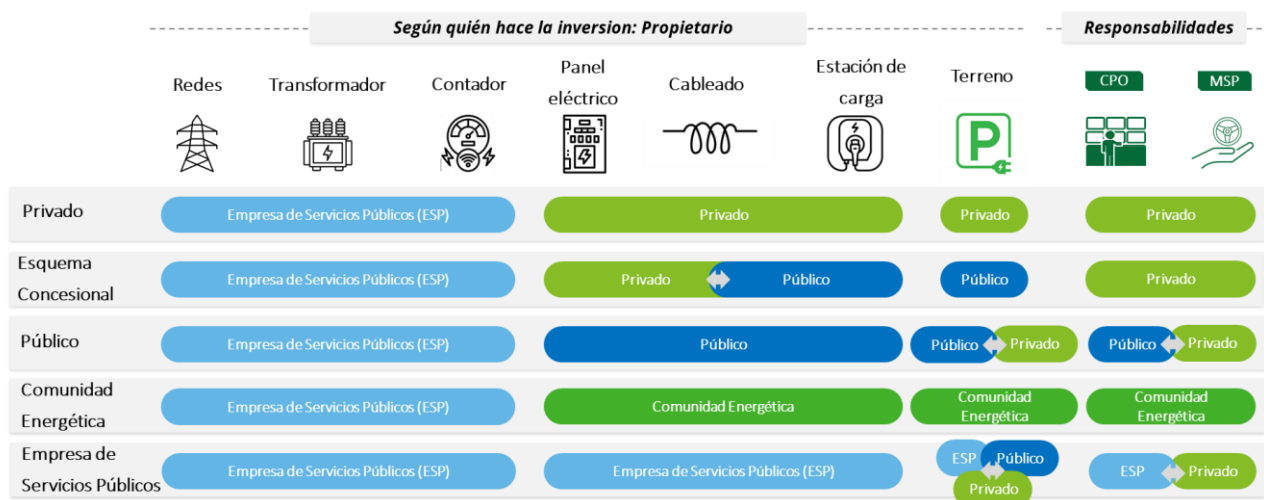
²⁸ AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico, en el marco del proyecto de consultoría “Mecanismos financieros para apoyar la infraestructura de movilidad eléctrica en Colombia”.

proyecto se determina quién será el propietario, operador y encargado del mantenimiento de los cargadores y la infraestructura eléctrica relacionada. En términos generales, tanto un agente privado, entidad pública como la Empresa de Servicios Públicos (ESP), pueden tener dichas funciones, obligaciones y responsabilidades.

En el análisis de los posibles modelos de negocio aplicables en una ubicación, es crucial tener en cuenta la **regulación vigente** que aplique en cada ubicación sobre la propiedad y las responsabilidades de los agentes ya que, **puede tener un impacto significativo al definir quiénes pueden realizar la instalación y operación (CPO), así como ofrecer servicios de movilidad (MSP)**, por lo que es un factor clave a considerar en la evaluación de viabilidad de los modelos de negocio. En este sentido, los modelos de negocio que se proponen a continuación **podrían necesitar de modificaciones en la regulación vigente de Colombia** con objeto de que las **responsabilidades** que se definen para cada agente en cada modelo de negocio, **puedan ser aplicadas**.

Considerando lo anterior, a continuación, **se exploran diversas estrategias potenciales para la configuración exitosa del despliegue a gran escala de la infraestructura de carga en Colombia:**

Figura 9: Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades



Fuente: Elaboración propia

El primer modelo de negocio con un **enfoque principalmente privado** representa el modelo con más intervención por parte del agente privado. Todos los costos relacionados con la construcción y conexión de la infraestructura de cara a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga y, el costo asociado al terreno, **son responsabilidad del agente privado**. En este modelo, el agente privado tiene control sobre todos los aspectos de cómo se opera la estación de carga (CPO) y de los servicios de movilidad eléctrica (MSP) previsto a los usuarios finales. Derivado de lo anterior, todos los ingresos son, por lo tanto, retenidos por el agente privado. **En comparación con otros modelos de negocio, este modelo ofrece la mayor oportunidad de ingresos, pero también conlleva el mayor riesgo**. Es por ello, por lo que generalmente, el apetito comercial existente por este tipo de modelos de negocio es menor y, por lo tanto, puede ser difícil conseguir agentes privados dispuestos a asumir los riesgos económicos y financieros asociados.

El segundo modelo de negocio tiene un **enfoque concesional** similar al utilizado generalmente en las vías nacionales públicas para proveer combustible en estaciones de servicios, pero esta vez se provee de suministro

eléctrico a los vehículos eléctricos mediante la instalación de infraestructuras de carga en dichas estaciones de servicio preexistentes ubicadas en las vías nacionales concesionadas. En este segundo enfoque, **el modelo implica una mayor colaboración entre el proveedor de la infraestructura de carga y la entidad gubernamental o la organización que dispone de la concesión**. En el modelo concesional, podrían existir dos vertientes diferentes:

- En la primera, **el concesionario** (que puede ser la entidad gubernamental o una entidad privada) asume la responsabilidad tanto del terreno como la construcción y conexión de la infraestructura de cara a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga. En este caso, los **agentes interesados (generalmente privados) únicamente se encargarían de operar la estación de carga y proporcionar los servicios de movilidad eléctrica**. A diferencia del modelo privado mencionado anteriormente, los ingresos generados se comparten entre el concesionario y el agente (CPO y MSP) en función de los términos del acuerdo de concesión.
- En la segunda, **el concesionario proporciona el terreno**, pero la responsabilidad de cubrir los costos asociados con la construcción, instalación y operación²⁹ de la infraestructura de carga recae en el agente que participe. Bajo este esquema, los agentes interesados aportarían los recursos necesarios para llevar a cabo el despliegue y operación de la estación de carga, mientras el concesionario contribuiría con el terreno como parte de la concesión. A diferencia del modelo anterior, este esquema requiere mayores inversiones por parte del agente y por tanto, mayores riesgos e ingresos esperados asociados al despliegue de la infraestructura de carga.

Estas dos configuraciones dentro del modelo concesional **ofrecen flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades y capacidades de los diferentes participantes**, brindando opciones para la colaboración y la inversión entre agentes públicos y privados. Este modelo concesional puede resultar atractivo para el concesionario al reducir parte del riesgo financiero asociado con la inversión inicial. A su vez, permite al agente beneficiarse de la infraestructura existente (derivada de la existencia previa de estaciones de servicio) y la gestión operativa proporcionada por el concesionario. **Este enfoque busca equilibrar los riesgos y beneficios entre las partes involucradas, fomentando así la expansión de la infraestructura de carga pública en un marco colaborativo.**

El tercer modelo de negocio con un **enfoque principalmente público** representa el modelo con menos intervención por parte del agente privado. En este modelo **todos los costos** relacionados con la construcción y conexión de la infraestructura de cara a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga, **son responsabilidad del agente público**. El costo y la propiedad asociado al terreno podría tanto público como privado dependiendo de la ubicación de la infraestructura de carga. En este modelo, el agente público puede tener el control sobre todos los aspectos de cómo se opera la estación de carga (CPO) y de los servicios de movilidad eléctrica (MSP) previsto a los usuarios finales. En algunas situaciones, el agente público puede delegar la responsabilidad de CPO y MSP a agentes privados con objeto de reducir las responsabilidades. Desde el punto de vista del agente privado, **este modelo implica la menor exposición al riesgo financiero, pero también brinda la menor oportunidad para la generación de ingresos**. En este contexto, esta tipología de modelos de negocio **se aplica típicamente para implementar infraestructura de carga en ubicaciones que pueden carecer de atractivo comercial para el sector privado, pero que son de gran importancia estratégica a nivel nacional/regional o local**. En consecuencia, el

²⁹ Costos asociados a la construcción y conexión de la infraestructura de carga a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga y posterior operación de la misma.



agente público decide impulsar estas iniciativas, contribuyendo así al desarrollo y expansión de la infraestructura de carga pública **en áreas** que, aunque puedan presentar desafíos comerciales, son **cruciales para los objetivos estratégicos de penetración de la movilidad eléctrica en el territorio**.

Entendiendo en el cuarto modelo identificado que la definición de **Comunidad Energética** es *“Los usuarios o potenciales usuarios de servicios energéticos podrán constituir Comunidades Energéticas para generar, comercializar o usar eficientemente la energía a través del uso de fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER), combustibles renovables y recursos energéticos distribuidos”*, tal y como se menciona en el Decreto 2236 de 22 de diciembre de 2023 del Ministerio de Minas y Energía, el **objetivo de este modelo de negocio propuesto es que las Comunidades Energéticas además de generar, comercializar y usar eficientemente la energía, se posibilite el despliegue simultáneo en dichas Comunidades de puntos de carga de VE de acceso público**. Derivado de lo anterior, las comunidades energéticas no tienen por qué dar servicio únicamente a viviendas. También pueden servir como punto de apoyo de una red local de cargadores para vehículos eléctricos. Así, una comunidad energética podría instalar infraestructura de carga a la que pudieran tener acceso tanto los miembros de la comunidad como externos y por tanto, ser de acceso público. Derivado de lo anterior, además de en viviendas, la comunidad energética podría dar servicio a estaciones de carga que se ubiquen en estaciones de servicio de vías nacionales de Colombia. De esta forma, los usuarios podrán cargar los vehículos cuando haya excedentes de energía de la Comunidad energética, o cargar directamente de la red eléctrica cuando la Comunidad esté saturada por la demanda de electricidad de sus miembros. Compartir este tipo de infraestructura de carga entre los miembros y no miembros de la Comunidad podría ser complicado al principio, porque habrá que establecer un sistema de turnos, pero podrían convertirse en una opción viable para incentivar la infraestructura de carga a gran escala en Colombia.

En este sentido, bajo el modelo de negocio de comunidad energética y especialmente, **en las comunidades energéticas que se sitúen en zonas que experimentan condiciones de vulnerabilidad se buscará incentivar el bienestar de la comunidad, atajar la pobreza energética y llevar el desarrollo a zonas vulnerables de Colombia**. De este modo, se atendería a la naturaleza jurídica y objetivos de las Comunidades Energéticas descritos en el Artículo 2.2.9.1.2 del Decreto 2236, debido a que con este modelo se busca tanto **aumentar la eficiencia energética evitando las pérdidas de energía** mediante la proximidad del lugar de generación de energía al lugar del consumo (contabilizando como parte de dicho consumo, a la carga de vehículos eléctricos que se realice con la infraestructura de carga pública que disponga la comunidad energética), así como **aumentar la cobertura del servicio de energía y garantizar el acceso de las poblaciones vulnerables a dicho servicio**.

Atendiendo a la descripción del modelo de negocio, todos los costos relacionados con la construcción y conexión de la infraestructura de cara a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los **costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga y, el costo asociado al terreno, son responsabilidad de la comunidad energética**. En este modelo, la comunidad energética tiene control sobre todos los aspectos de cómo se opera la estación de carga (CPO) y de los servicios de movilidad eléctrica (MSP) previsto a los usuarios finales. No obstante lo anterior y atendiendo a lo definido en el Artículo 2.2.9.1.4. del Decreto 2236, *“las comunidades energéticas podrán relacionarse con terceros de los sectores públicos, privado y/o popular, a través de acuerdos de derecho privado y/o asociaciones de iniciativa público popular para cooperar en proyectos de generación, comercialización y/o uso eficiente de la energía”*. En este sentido, **aunque en el modelo de negocio se definan las responsabilidades sobre la figura de la comunidad energética, ésta podrá ceder dichas responsabilidades a otros agentes, reduciendo de este modo tanto los costos y por tanto, los ingresos como los riesgos a los que se expone**. Actualmente en Colombia, se está incentivando el desarrollo de comunidades energéticas en todo el territorio nacional, por lo que este modelo de negocio puede surgir como

una alternativa viable para incentivar el despliegue a gran escala de infraestructura de carga pública y especialmente, en zonas vulnerables de Colombia.

En el quinto modelo identificado, [la Empresa de Servicios Públicos \(ESP\)](#)³⁰ tiene la responsabilidad de cubrir los costos asociados con la construcción, instalación, operación y provisión de servicios de movilidad asociados a la infraestructura de carga, siendo la propietaria y encargada de mantener integralmente todo el equipo, cableado y cargadores asociados a la estación de carga de vehículos eléctricos. En relación con el terreno, dependiendo de la ubicación seleccionada, el mismo puede ser propiedad de un agente público, privado o del mismo ESP. Este modelo se presenta como especialmente **efectivo para aquellos proyectos con inversiones significativas, especialmente asociadas a la infraestructura eléctrica**, como pueden ser aquellos proyectos que impliquen la instalación de cargadores rápidos o aquellos proyectos ubicados en zonas lejanas al punto de conexión adecuado con el ESP. Este modelo de negocio generalmente contribuye a **garantizar la operabilidad a largo plazo y facilitar el acceso público a la infraestructura de carga eléctrica**. Es importante señalar que, en algunos casos, la ESP puede optar por delegar la responsabilidad de CPO y MSP a una empresa privada especializada. Esta delegación puede tener lugar para **mejorar la eficiencia operativa, aprovechar la experiencia del sector privado en la gestión de servicios de carga** y permitir a la ESP centrarse en su función principal como proveedor de servicios públicos.



Experiencias internacionales. **Modelo ESP:** España³¹

La Directiva Europea Dir (EU) 944/2019 y su transposición nacional en España RD-I 15/2018, que introdujeron la noción de un modelo en el cual el ESP participa en el despliegue de la infraestructura de recarga mediante subastas. El modelo de negocio planteado fue el siguiente:

Procedimiento de subastas: definidos unos valores unitarios de referencia de inversión y operación y mantenimiento de los puntos de recarga se establecería un proceso de subastas, permitiendo una competencia justa entre los interesados y una asignación eficiente de recursos. Los DSO y otros agentes interesados participarían en subastas para obtener la responsabilidad del desarrollo y la operación y el mantenimiento de los puntos de recarga en las ubicaciones acordadas. Se adjudicaría los puntos de recarga a los licitadores que ofrezcan las mejores condiciones, es decir, el menor precio en comparación con la referencia establecida. Sobre ese precio final, percibirían la rentabilidad garantizada.

Rentabilidad garantizada: los adjudicatarios recibirían una rentabilidad garantizada sobre los valores unitarios por el despliegue de la infraestructura de recarga y su conexión a la red. Esta rentabilidad sería respaldada por los Presupuestos Generales del Estado, posiblemente utilizando fondos destinados a la promoción de la movilidad eléctrica y la transición hacia una economía más sostenible.

Acuerdos públicos: las entidades públicas, en colaboración con los ayuntamientos y gestores de redes identificarían las ubicaciones estratégicas para el despliegue de los puntos de recarga, teniendo en cuenta las zonas geográficas y las horas de mayor consumo. Los acuerdos públicos garantizarían que los puntos se instalen en lugares estratégicos para maximizar su impacto y utilidad.

³⁰ Para este modelo de negocio propuesto se podría necesitar de modificaciones en la regulación vigente de Colombia con objeto de que las responsabilidades que se definen en este documento para cada agente, así como el mecanismo de rentabilidad garantizada para cubrir los costos se pueda aplicar en Colombia.

³¹ Fuente: Directiva Europea Dir (EU) 944/2019 y su transposición nacional RD-I 15/2018

En última instancia, la **elección del modelo de negocio dependerá del apetito del sector privado**, que a su vez se verá influenciado por **la evaluación de riesgos** que existan en torno a las etapas de la cadena de valor. Es por ello que, **en el proceso de despliegue de la infraestructura de carga pública, coexistirán diversos modelos de negocio en función de la zona estratégica y condiciones del proyecto particulares.**

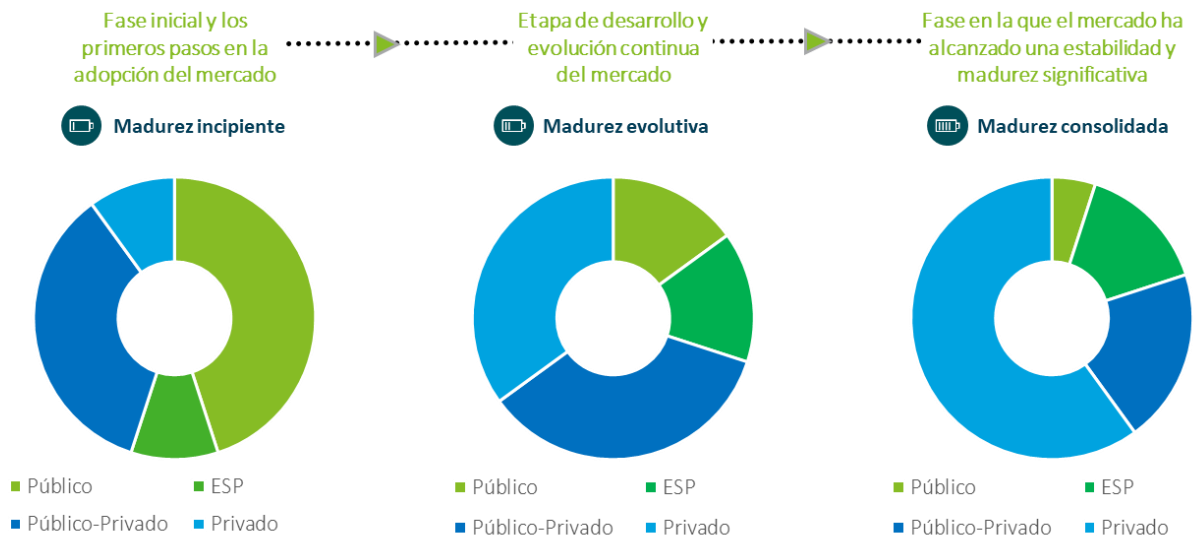
Cada enfoque busca equilibrar los riesgos y beneficios entre las partes involucradas, fomentando así la expansión de la infraestructura de carga pública de forma adaptada a las circunstancias específicas de cada situación.

Dependiendo de los riesgos a los que se enfrente cada proyecto de infraestructura de carga pública, el apoyo público se revela como un factor crucial en el proceso de despliegue. En este sentido, se evalúa más adelante los riesgos de cada zona estratégicas con objeto de obtener un entendimiento de qué zonas y modelos de negocio necesitarán de un respaldo público más significativo, contribuyendo así al avance a nivel nacional de la infraestructura de carga en Colombia.

Adicionalmente, los diferentes modelos de negocio que se desarrollen en las zonas estratégicas de Colombia podrán evolucionar a medida que se desarrolle el ecosistema de movilidad eléctrica y en diferentes grados en función de dos factores que están directamente relacionados con el riesgo asociado a la demanda: i) **Penetración de la movilidad eléctrica** y necesidades de demanda de infraestructura de carga disponible al público y ii) La **fase de madurez del ecosistema** de la infraestructura de carga. En este sentido, se expone a continuación, a modo ilustrativo y en base a la experiencia del consultor, **diferentes iniciativas que podrán coexistir comúnmente dentro de las diferentes etapas de adopción de la movilidad eléctrica**³²:

³² No se ha considerado el modelo de negocio de comunidad energética debido a poca madurez del mercado en relación con la utilización de estos modelos de negocio para el despliegue de infraestructura de carga. A medida que se desarrollen comunidades energéticas que incorporen infraestructura de carga de acceso público entre los servicios ofrecidos, se obtendrán las lecciones clave para conocer el comportamiento y el impacto de estos modelos en el despliegue de infraestructura de carga a nivel nacional.

Figura 10. Etapas en la adopción de movilidad eléctrica



Fuente: Elaboración propia

La elección predominante de los modelos de negocio asociados a la infraestructura de carga no solo está determinada por las características específicas de cada zona estratégica, sino también por la fase de adopción de la movilidad eléctrica en la que se encuentre un país, departamento, municipio o área particular. **En etapas iniciales de madurez incipiente, es probable que prevalezcan los modelos de orientación pública y aquellos liderados por Empresas de Servicios Públicos (ESP).** La inversión y gestión activa del sector público se tornan fundamentales para establecer las bases de la movilidad eléctrica en este contexto.

A medida que avanza la madurez de la adopción, inicialmente en una fase evolutiva y luego consolidada, se observa una **transición hacia modelos de negocio con enfoques principalmente privados**. En estas etapas, la participación del sector privado tiende a intensificarse, aprovechando oportunidades de ingresos y asumiendo mayores riesgos financieros. **La evolución hacia modelos privados refleja no solo el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos, sino también la confianza en la sostenibilidad y viabilidad económica de la movilidad eléctrica en la región específica.** En consecuencia, la flexibilidad para adaptarse a las diferentes fases de desarrollo de la movilidad eléctrica se convierte en un factor clave en la definición y éxito de los modelos de negocio asociados a la infraestructura de carga.

3. Identificación de potenciales Modelos de Negocio en Colombia

El proceso de definir y estructurar potenciales modelos de negocio para la implementación de infraestructura de carga en Colombia se divide en dos fases fundamentales. **En la primera fase, se identifican zonas estratégicas dentro del territorio colombiano, determinando dónde ubicar la infraestructura de carga pública, qué tipo de infraestructura resulta más pertinente y cuál sería la inversión inicial potencial necesaria.** Esta evaluación se centra en identificar áreas claves en función de diversos criterios, considerando tanto el despliegue de la movilidad eléctrica como las necesidades específicas de cada región.

La **segunda fase** se inicia desde los resultados de la fase previa. Con base en las particularidades de cada zona estratégica y una amplia consideración de los riesgos inherentes a cada etapa de la cadena de valor, así como la caracterización de las áreas estratégicas de Colombia a través de indicadores como la demanda potencial, la infraestructura eléctrica existente y el estado del ecosistema de movilidad eléctrica, **se identificarán los modelos de negocio más adecuados para cada zona del país.**

La combinación de estos elementos permite la definición de modelos de negocio personalizados y adaptados a las particularidades de cada zona estratégica, marcando así un enfoque integral y estratégico para el despliegue de la infraestructura de carga pública en el país.

Figura 11: Fases para definir y estructurar potenciales modelos de negocio para la implementación de infraestructura de carga en Colombia³³



3.1 ¿Dónde, qué tipología e inversión potencial es necesaria?

3.1.1 Identificación de zonas estratégicas de Colombia

En el marco de la identificación de los modelos de negocio más adecuados para el impulso de la movilidad eléctrica en Colombia, es esencial identificar y priorizar las **zonas estratégicas** para el despliegue de la infraestructura de carga pública. Este apartado diferenciará dos niveles: el despliegue de la infraestructura a (i) nivel **Nacional** y (ii) a nivel de **Ciudades - Departamentos**.

- (i) **A nivel nacional**, que identifique la **Red vial nacional y los Hubs de movilidad** de Colombia.

³³ La identificación de los diferentes modelos de obtener ingresos se detalla en el apartado de este documento llamado "Identificación de posibles modelos de ingresos asociados a la infraestructura de carga".

- (ii) **A Nivel de Ciudades – Departamentos**, que identifique las principales características tanto de las Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y No- ZBDP (considerando a todos los Departamentos de Colombia y haciendo un análisis particular a las Ciudades principales e intermedias³⁴).

Este enfoque busca **abarcas tanto las áreas urbanas de alto tráfico como aquellas regiones menos pobladas pero estratégicamente relevantes, garantizando una cobertura equitativa** en la implementación de la infraestructura de carga eléctrica.

Adicional a lo anterior, la decisión final sobre la ubicación exacta de las estaciones de carga se deberá tomar en colaboración entre las entidades públicas, el sector privado y la ESP que opere en dicha ciudad. Esta colaboración incentivará una planificación adecuada a las características y necesidades específicas de cada entorno urbano. Esto implica abordar **tres condiciones fundamentales**:

- La **ubicación** debe ser diseñada pensando en la **experiencia del usuario**, siendo fácilmente accesible, visible y alineada con los usos locales.
- La **planificación** de la ubicación debe tener en cuenta el **sistema eléctrico en su totalidad**, incluyendo áreas de posible sobrecapacidad y la flexibilidad de la red. En este sentido, será relevante compartir mapas del estado de la red eléctrica entre las ESP, las entidades locales y, cuando sea relevante, con los CPO para una planificación efectiva de la infraestructura de carga.^{35 36}
- La **gestión** inteligente de la carga de vehículos eléctricos³⁷ es esencial para **distribuir la carga a lo largo del día, ajustándola a la disponibilidad de energía renovable**. Esto no solo optimizará las inversiones al prever la necesidad de refuerzos en la red, sino que también garantizará la sostenibilidad ambiental del sistema de carga eléctrica.

(i) Despliegue a nivel nacional



³⁴ De acuerdo a los Términos de Referencia de la consultoría.

³⁵ Los Hubs de movilidad son puntos estratégicos para flotas de vehículos, como los Puertos y Aeropuertos. No se considera disponer la infraestructura de carga en los parqueaderos con objeto de no bloquear el uso de la infraestructura de carga durante largos periodos para un mismo vehículo.

³⁶ Los clústeres comerciales incluyen, por ejemplo, centros comerciales, supermercados, instalaciones de estacionamiento, instalaciones culturales y deportivas, entre otros.

³⁷ Un despliegue masivo y no planificado de puntos de recarga y vehículos eléctricos podría desencadenar una descompensación entre la generación y la demanda de energía. Esto se traduciría en una carga elevada en momentos de menor generación renovable, potencialmente forzando el uso de generación convencional, para satisfacer la demanda, lo que incrementaría las emisiones de gases de efecto invernadero y cuestionaría la sostenibilidad de la carga.

(ii) Despliegue a nivel de Ciudades - Departamentos

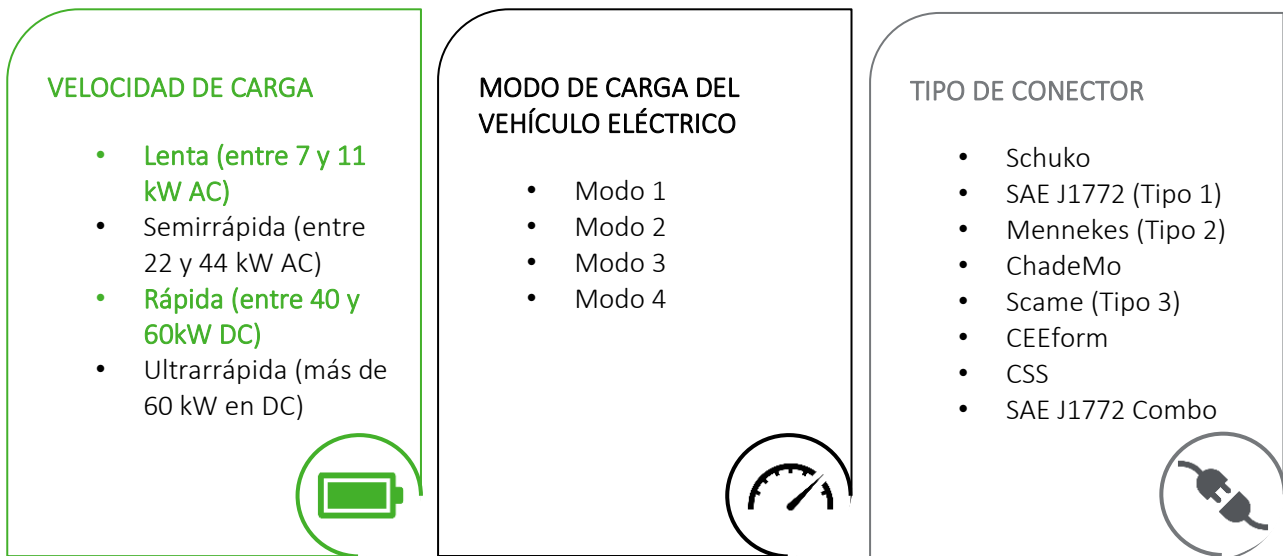


3.1.2 Tipologías de infraestructura de carga en función de la ubicación

La clasificación de los puntos de carga se puede hacer atendiendo a los siguientes factores:

- Velocidad de carga
- Modo en que se conecta el vehículo para su carga
- Tipo de conector

Atendiendo a estos tres factores se presenta a continuación un cuadro con la clasificación de los puntos de carga de vehículos eléctricos:



En el contexto Colombiano y, atendiendo a los resultados y conclusiones obtenidas del *Entregable 1: "Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico"*³⁸, se **identifican 2 tipos de infraestructura de carga de acceso público desarrollada en Colombia:**

1. La **infraestructura de carga lenta, con una potencia entre 7 y 11 kW**, se utiliza comúnmente para realizar cargas de oportunidad. Este tipo de carga se refiere a la recarga de vehículos eléctricos cuando están estacionados durante períodos prolongados, como durante la noche en el hogar, en el trabajo o durante actividades diarias. Aunque la carga es más lenta en comparación con la carga rápida, generalmente es suficiente para satisfacer las necesidades de los conductores que no requieren una carga inmediata y pueden dejar sus vehículos estacionados durante varias horas. En este sentido, la infraestructura de carga lenta se adapta bien a situaciones en las que la velocidad de carga no es una prioridad inmediata, brindando flexibilidad y conveniencia para la recarga durante los periodos de inactividad planificados.
2. La **infraestructura de carga rápida, con una potencia entre 40 y 60 kW**, desempeña un papel crucial en satisfacer las necesidades de carga de vehículos eléctricos de manera rápida y eficiente. Este tipo de carga es especialmente útil en situaciones donde los conductores requieren una recarga más veloz para continuar con sus trayectos y atender necesidades de carga más urgentes, de forma que la experiencia proporcionada de repostaje sea lo más parecida posible a la de llenar combustible.

La selección de la tipología de infraestructura de carga como se ha comentado en el apartado *"Establecimiento de necesidades de cargadores públicos"*, dependerá de factores como la caracterización de la zona estratégica, los patrones de uso de los potenciales usuarios, así como de la tecnología. Si bien es cierto que en los **Hubs de movilidad y las vías nacionales la preferencia por la carga rápida es notable**, en el contexto de los departamentos, ciudades principales e intermedias, así como en las zonas de baja densidad población, la **elección entre carga rápida y lenta** dependerá de dichos factores mencionados. Se detalla a continuación, algunas ventajas y desafíos correspondientes a la instalación de infraestructura de carga pública en Colombia:

³⁸ AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico, en el marco del proyecto de consultoría "Mecanismos financieros para apoyar la infraestructura de movilidad eléctrica en Colombia".

Figura 12. Identificación de ventajas y desafíos principales de la tipología de infraestructura de carga

TIPOLOGÍA

TIPOLOGÍA



Rápida



VENTAJAS

Velocidad de carga rápida que reduce los tiempos de carga, mejorando la usabilidad de los VE.

Conveniencia para largos trayectos al reducir la necesidad de pausas prolongadas y abordar la ansiedad por la autonomía.

Mayor accesibilidad para los usuarios al instalar los puntos de carga en zonas estratégicas como las vías nacionales, estaciones de servicio, zonas comerciales, etc. Incentiva una fácil disponibilidad de carga lo que alivia las preocupaciones sobre quedarse sin batería.

DESAFÍOS

Elevados costos debidos a su **tecnología** y elevados **costos asociados con las tarifas de acceso al suministro eléctrico** al requerir mayores potencias.

Sobrecarga de las redes de distribución al congestionar las redes que puede derivar en inversiones para el refuerzo de éstas.

Dificultad al acceso de financiación especializada derivado de las inversiones elevadas que son necesarias.

Lenta



Conveniencia para estancias largas como zonas de trabajo, de aparcamiento y zonas turísticas, donde se puede hacer una pausa prolongada.

Menores costos debidos a una tecnología más desarrollada y comercializada, así como, la **menor potencia eléctrica** implica un menor costo asociado al acceso al suministro eléctrico.

Menor sobrecarga de las redes de distribución, al minimizar los picos de demanda.

Menores inversiones que pueden suponer una mayor **facilidad para el acceso a financiación**.

Limitaciones de tiempo para los usuarios de VE a la hora de alcanzar una carga completa y por tanto, la hace incompatible con los viajes largos.

Menor flexibilidad para los usuarios ya que se necesita una planificación por parte del usuario para garantizar que el VE esté cargado cuando se necesite.

En este sentido, es posible la coexistencia de ambas tipologías en algunas zonas estratégicas de Colombia. Esto permitirá abordar de manera integral las distintas necesidades de carga de los usuarios, proporcionando flexibilidad y opciones para una adopción generalizada de vehículos eléctricos.

A continuación, se presenta un resumen ilustrativo de las zonas estratégicas identificadas en Colombia, junto con la tipología de infraestructura más adecuada para cada una de ellas:

Figura 13: Resumen ilustrativo de las zonas estratégicas identificadas en Colombia con la tipología preferente de infraestructura de carga para cada una de ellas.



Fuente: Elaboración propia

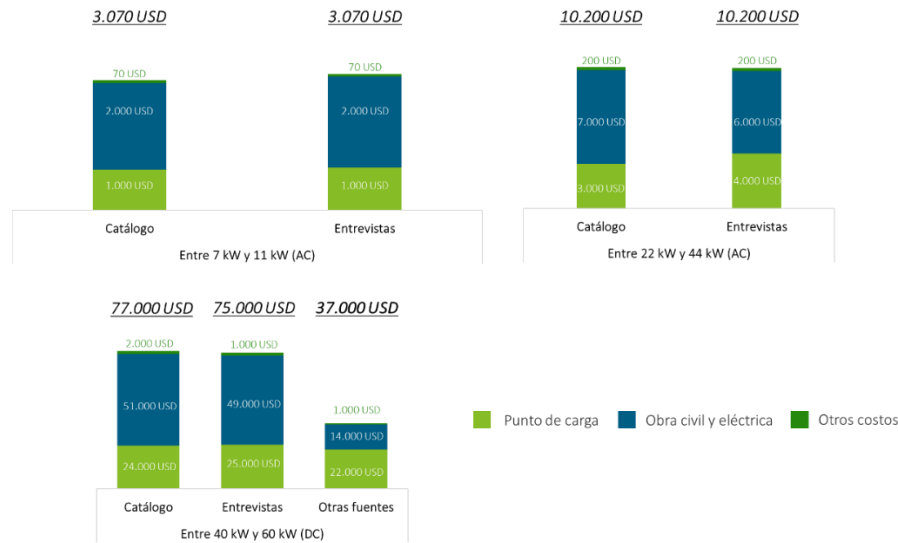
3.1.3 Inversión potencial necesaria

Los resultados y conclusiones de este apartado se identificaron en el *Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”*³⁹.

En concreto, se identificaron los siguientes costos asociados al CAPEX de los puntos de carga típicos en Colombia:

³⁹ AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico, en el marco del proyecto de consultoría “Mecanismos financieros para apoyar la infraestructura de movilidad eléctrica en Colombia”.

Figura 14: CAPEX asociado a las estaciones de carga típicas identificadas en Colombia (costos medios)



Fuente: Diversas fuentes, entrevistas y análisis Deloitte

A efectos de este documento y con objeto de calcular la inversión necesaria para el despliegue de la infraestructura de carga pública en Colombia que se detalla en el apartado de este documento llamado “Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia”, se considera un CAPEX inicial de 3.000 USD para la infraestructura de carga lenta, con una potencia entre 7 y 11 kW y un CAPEX inicial de 74.000 USD para la infraestructura de carga rápida, con una potencia entre 40 y 60 kW⁴⁰.

Como se puede observar de la gráfica anterior, en el contraste de diversas fuentes de información como lo son los catálogos de infraestructura de carga, las entrevistas llevadas a cabo en el marco de esta consultoría, y otras fuentes internacionales, se ha identificado que una de las barreras significativas para la participación del sector privado en el despliegue de infraestructura de carga pública radica en el CAPEX inicial asociado a los proyectos. Problemática que se acentúa en el caso de la infraestructura de carga rápida y en particular debido a sobre costo en la obra civil y eléctrica que es necesaria realizar para adecuar las redes eléctricas a la instalación de la infraestructura de carga rápida. Esta barrera se atribuye principalmente al costo relacionado con la obra civil y eléctrica, siendo responsable del 66,22% del costo total de los proyectos de infraestructura de carga rápida.

Adicionalmente, si se compara el costo relacionado con la obra civil y eléctrica de la instalación de infraestructura de carga rápida en Colombia (Aproximadamente 49.000 USD) con el costo que se produciría en otros países internacionales (Aproximadamente 14.000 USD), se estima que el 71,43% del costo asociado

⁴⁰ A efectos del análisis realizado en este documento y dado la representación menor que tiene la partida de costos “Otros costos” en el CAPEX inicial de los proyectos, para los cálculos realizados en el apartado “Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia” no se considera dicha partida.

a la obra civil y eléctrica⁴¹ para la instalación de infraestructura de carga rápida pública en Colombia corresponde a un sobre costo en comparación que el costo internacional de referencia⁴².

Considerando que el 66,22% de la inversión total de un proyecto de infraestructura de carga lenta, corresponde con la obra civil y eléctrica, aproximadamente el **47,28% del incremento en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país** (por simplicidad, **se redondea a 45%**).

En respuesta a este desafío y, con el propósito de hacer factible el despliegue de la infraestructura de carga pública, en el proceso de cuantificación⁴³ del apoyo público necesario para viabilizar los proyectos de infraestructura de carga rápida pública, se tendrá en cuenta el incremento en el costo total del proyecto que existe en Colombia en comparación con el contexto internacional derivado del costo de la obra civil y eléctrica.

3.2 ¿Qué modelo de negocio es el más adecuado en las zonas estratégicas de Colombia?

Este apartado se ha estructurado en 5 fases con el propósito de identificar, evaluar y definir los modelos de negocio que podrían adaptarse adecuadamente al contexto colombiano para potenciar el despliegue a gran escala de la infraestructura de carga pública:

⁴¹ De acuerdo al Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”, se consideran los principales costos asociados a la obra civil y eléctrica y, por lo tanto, a aquellos que dan lugar a sobre costos a aquellos costos relacionados con la adquisición e instalación de líneas de conexión, centros de transformación, transformadores de subestaciones y posiciones.

⁴² A efectos del análisis realizado en este documento, dicho sobre costo se identifica exclusivamente para la instalación de infraestructura de carga rápida en Colombia.

⁴³ Dicho proceso se realiza en el capítulo llamado “Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia” de este documento.

Figura 15: Fases para la definición de modelos de negocio más adecuados a cada zona estratégica

1. Identificación de Riesgos

Identificación de los **Riesgos potenciales** asociados a cada etapa de la cadena de valor

2. Evaluación de Riesgos

Evaluación de los riesgos potenciales en las diferentes etapas de la cadena de valor



5. Diagrama de flujo de decisiones

Metodología para **obtener posibles modelos de negocio** en función de algunos indicadores

4. Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia

En función de la zona estratégica seleccionada y de la tipología de carga, se **proponen diferentes modelos de negocio**

3. Caracterización de las zonas de Colombia

Definición de los indicadores a nivel Departamentos y ciudades de Colombia.

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Identificación de los Riesgos potenciales

Como se ha detallado en el capítulo anterior, en el contexto del despliegue de la infraestructura de carga pública para vehículos eléctricos, la cadena de valor se estructura en diversas etapas relevantes que pueden ser adaptadas y configuradas de manera única, dependiendo del modelo de negocio que se busca impulsar.

No obstante, **este despliegue no está exento de desafíos**. En el *Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”*⁴⁴ se identificaron las **principales barreras que obstaculizan a los agentes del ecosistema**, así como los mecanismos habilitadores e incentivos para superarlas. Estas barreras, si no se abordan adecuadamente, no solo obstaculizan el despliegue de la infraestructura de carga en Colombia sino también **crean riesgos sustanciales que los diferentes agentes que quieren participar en el mercado deben asumir**.

En este sentido, se han clasificados dichos riesgos en (1) riesgos económicos y de mercado, (2) tecnológicos, (3) financieros y (4) otros riesgos transversales (regulatorios, operacionales, entre otros):

⁴⁴ AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico, en el marco del proyecto de consultoría “Mecanismos financieros para apoyar la infraestructura de movilidad eléctrica en Colombia”.

Riesgos económicos y de mercado:

 Tarifa máxima potencial insuficiente	Posibilidad de que los usuarios estén dispuestos a pagar menos por cargar sus vehículos eléctricos en una infraestructura pública. Esta circunstancia plantea el riesgo de que los ingresos generados por los usuarios sean inferiores a lo previsto en el plan de negocio, lo que podría dificultar la recuperación de costos y la obtención de una rentabilidad razonable del proyecto.
 Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas	Dificultad para asegurar ubicaciones apropiadas y estratégicas a nivel nacional para la instalación de la infraestructura de carga pública. Esto podría atribuirse a la falta de designación de espacios específicos para dichas infraestructuras, así como a dificultades administrativas o a los costos asociados con la adquisición o alquiler de tales ubicaciones. La falta de disponibilidad o la complejidad en la obtención de lugares estratégicos podría afectar la implementación exitosa del proyecto y generar desafíos adicionales para la viabilidad financiera del modelo de negocio.
 Demanda insuficiente	Posibilidad de una demanda insuficiente, derivada de la baja madurez del mercado vinculado a la carga de vehículos eléctricos. Esta circunstancia plantea el desafío de alcanzar los niveles proyectados de demanda, lo que podría afectar negativamente la viabilidad financiera del proyecto y su capacidad para cumplir con las expectativas de retorno de inversión.
 Cambios en los patrones de consumo de los usuarios	Posibilidad de cambios en la demanda por parte de los usuarios que participan en el mercado. Este riesgo podría manifestarse debido a alteraciones en los patrones de consumo durante el desarrollo del mercado, como la preferencia por otra tecnología para los vehículos o la elección de opciones de movilidad compartida. Estos cambios podrían impactar significativamente la demanda esperada para el uso de la infraestructura de carga pública, generando incertidumbre en la capacidad del proyecto para cumplir con las proyecciones de ingresos y, en última instancia, afectar la viabilidad financiera del modelo de negocio.
 Retrasos en la aprobación de los permisos	Posibilidad de retrasos en la aprobación y obtención de permisos. El proceso de obtención de permisos puede ser complejo, laborioso y derivado de la falta en la madurez del mercado, carecer de la experiencia necesaria para gestionar eficientemente estas solicitudes. Esta circunstancia puede afectar negativamente a diversos aspectos del proyecto, generando un impacto en la planificación y ejecución de este, así como puede afectar la viabilidad y la implementación exitosa de la infraestructura de carga pública.
 Insuficiente mano de obra cualificada	Posibilidad de escasez de mano de obra experimentada y cualificada. Esta carencia podría resultar en retrasos en la instalación y construcción de la infraestructura de carga, así como en sobrecostos debido a posibles errores durante la instalación. Estas circunstancias podrían dar lugar a interrupciones en los servicios, comprometiendo la calidad del servicio de carga ofrecido. Esto, a su vez, podría desencadenar problemas adicionales como la falta de mantenimiento y supervisión adecuados, afectando la operación continua y eficiente de la infraestructura.
 Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico	Dispersión de tarifas en diferentes zonas de distribución en Colombia. Esta variabilidad puede generar incertidumbre en los costos operativos para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos dependiendo de la ubicación del proyecto. Además, la falta de peajes específicos que contemplen las necesidades de la infraestructura de carga puede impactar en la rentabilidad de los proyectos, así como, la imposibilidad de acceder a tarifas eléctricas en libre mercado negociadas en algunos proyectos de infraestructura también representa un desafío, limitando las opciones para gestionar eficientemente los costos. Además, la posible fluctuación de la tarifa eléctrica debido a cambios en la regulación agrega un elemento de riesgo a los proyectos de infraestructura de carga.

Riesgos tecnológicos:



Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas

Posibilidad de sobrecostos en el proyecto asociados al acceso a las redes eléctricas. Este riesgo puede surgir debido a costos adicionales en la infraestructura eléctrica que se requiere instalar aguas abajo del contador del distribuidor, especialmente cuando no existe una red eléctrica existente o su capacidad es insuficiente debido por ejemplo, a la sobrecarga de la red o a su congestión. En este contexto, los proyectos podrían enfrentar la necesidad de asignar recursos adicionales para la preparación de la red eléctrica, con el fin de mejorar su capacidad y garantizar la disponibilidad y la calidad del servicio necesario. Este escenario puede resultar en costos inesperados y afectar la rentabilidad y ejecución eficiente del proyecto de infraestructura de carga pública.



Ruptura de la cadena de suministro

Posibilidad de una ruptura de stock, así como la cadena de suministro, lo que podría ocasionar demoras en el tiempo de construcción y sobrecostos en la construcción e instalación de la infraestructura de carga. Este riesgo puede atribuirse a una oferta insuficiente de equipos y a la falta de disponibilidad de componentes de sustitución, especialmente en situaciones de averías.



Disponibilidad limitada de la infraestructura

La disponibilidad limitada de la infraestructura de carga ya sea debido a averías o a la obsolescencia acelerada de equipos y tecnología, representa un riesgo significativo. Estas circunstancias pueden resultar en un menor tiempo de operación de las infraestructuras de carga y posibles sobrecostos, lo cual afecta directamente a los ingresos esperados.



Falta de estandarización de las infraestructuras de carga

La falta de estandarización en infraestructuras de carga y comunicaciones también supone riesgos, incluyendo requisitos mínimos no uniformes, incompatibilidad de los equipos, problemas de accesibilidad y vulnerabilidades en la seguridad de datos. Estas circunstancias pueden tener un impacto significativo a lo largo de diversas fases del proyecto, desde la instalación hasta la operación y la obtención de ingresos. Durante la fase de instalación, factores como la carencia de infraestructura adecuada y la falta de estandarización pueden ocasionar retrasos en la ejecución, errores en las instalaciones y, consecuentemente, sobrecostos. Estos problemas iniciales pueden afectar directamente la operación del sistema y, por ende, la generación de ingresos esperados.

Riesgos financieros:



Falta de financiación especializada

Ausencia de financiación especializada que puede resultar en costos financieros más elevados y dificultad para acceder a la financiación necesaria para los proyectos. La ausencia de entidades financieras especializadas puede generar insuficiencia de fondos, afectando directamente la viabilidad y ejecución de los proyectos. Además, los cambios en las tasas de interés pueden impactar significativamente en la construcción de los proyectos, ya que las variaciones pueden aumentar los costos financieros y afectar la rentabilidad esperada.



Imposibilidad de cierre financiero

Posibilidad de riesgo de pago de los promotores de los proyectos. Las fluctuaciones en los ingresos pueden originarse por diversos factores, como cambios en la demanda del mercado, variaciones en las tarifas de carga, existencia de sobrecostos imprevistos. Estas circunstancias pueden resultar en dificultades para cumplir con las obligaciones financieras, lo que a su vez afecta la sostenibilidad y viabilidad del proyecto.



Variabilidad en el tipo de cambio

Un riesgo significativo asociado a proyectos de infraestructura de carga puede existir debido a la exposición al riesgo de fluctuaciones en las tasas de cambio, particularmente en circunstancias donde el CAPEX se realiza en USD mientras los ingresos se generan en la moneda local (COP en Colombia). Esta disparidad puede generar desafíos financieros sustanciales, ya que una posible devaluación del COP frente al USD podría afectar negativamente la capacidad del proyecto para

Otros Riesgos transversales:



Variaciones en la estabilidad regulatoria

La falta de un marco regulatorio sólido y estable puede generar incertidumbre y dificultades operativas, afectando la planificación y ejecución efectiva de los proyectos. La variabilidad en la estabilidad regulatoria puede implicar cambios imprevistos en las normativas y políticas gubernamentales relacionadas con la infraestructura de carga. Estos cambios pueden afectar la rentabilidad, los plazos de implementación y la viabilidad general del proyecto. Por ejemplo, ajustes en los incentivos fiscales, tarifas eléctricas o requisitos de permisos pueden impactar negativamente la planificación financiera y la toma de decisiones estratégicas.



Coordinación interinstitucional

La ausencia de una colaboración efectiva entre diferentes entidades gubernamentales (a nivel estatal, de departamentos y municipios en Colombia) puede generar desafíos considerables debido a que puede resultar en políticas fragmentadas y enfoques divergentes, lo que dificulta la creación de un marco regulatorio armonizado y consistente. Esto a su vez, puede generar incertidumbre para los inversores y desarrolladores de la infraestructura de carga. Este riesgo también puede traducirse en dificultades logísticas y de gestión. La planificación y ubicación estratégica de estaciones de carga pueden verse afectadas si no hay una comunicación entre las autoridades.



Oposición pública

Posibilidad de existencia de oposición pública a los proyectos de infraestructura de carga. A menudo surge en relación con la ubicación propuesta de las estaciones de carga. Los residentes locales pueden expresar preocupaciones sobre el impacto visual, el tráfico adicional o posibles efectos ambientales asociados con la infraestructura de carga. La falta de aceptación pública puede ralentizar los procesos de permisos y aprobaciones, prolongando la fase de planificación y retrasando la implementación del proyecto y con ello, los ingresos esperados.



Riesgo ambiental

Riesgo ambiental, que abarca diversos aspectos relacionados con la construcción (generación de ruido y emisión de contaminantes) y operación (masificación de zonas estratégicas) de estas instalaciones. La planificación inadecuada de la ubicación de las estaciones de carga podría contribuir a la congestión y a la generación de un entorno menos sostenible desde el punto de vista ambiental, que podría derivarse en una oposición a la instalación de la infraestructura de carga.

3.2.2 Evaluación de Riesgos

Una vez se han identificado los riesgos potenciales que podrían asumir los distintos actores interesados en participar en el mercado relacionado con la infraestructura de carga pública en Colombia, a continuación, se **evalúa el posible impacto de cada uno de estos riesgos en las diversas etapas de la cadena de valor que configuran el ecosistema**⁴⁵.

En la descripción de cada riesgo descrita en el apartado anterior, se revela la **posibilidad de tener un impacto directo en una etapa específica** de la cadena de valor. Sin embargo, también es relevante identificar que dichos riesgos pueden **generar impactos indirectos** en otras etapas, creando una **red interconectada de influencias a lo largo de todo el proceso que estructura un proyecto de infraestructura de carga pública**.

Esta evaluación detallada proporcionará una comprensión profunda de cómo los riesgos potenciales podrían afectar en la construcción, operación y rendimiento que un proyecto de infraestructura de carga pública en Colombia.

⁴⁵ En el apartado "Cadena de valor principal en torno a la infraestructura de carga" de este documento se ha incluido la configuración de la misma.

Figura 16: Evaluación del posible impacto de cada riesgo en las diversas etapas de la cadena de valor que configuran el ecosistema

 Impacto directo  Impacto indirecto	INVERSIÓN Y FINANCIACIÓN CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN OPERACIÓN INGRESOS				
	Riesgos económicos y de mercado				
 Tarifa carga máxima potencial insuficiente					
 Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas					
 Demanda insuficiente					
 Cambios en los patrones de consumo de los usuarios					
 Retrasos en la aprobación de los permisos					
 Insuficiente mano de obra cualificada					
 Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico					
Riesgos tecnológicos					
 Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas					
 Ruptura de la cadena de suministro					
 Disponibilidad limitada de la infraestructura					
 Falta de estandarización de las infraestructuras de carga					
Riesgos financieros					
 Falta de financiación especializada					
 Imposibilidad de cierre financiero					
 Variabilidad en el tipo de cambio					
Riesgos transversales					
	Incertidumbre regulatoria				
	Coordinación interinstitucional (local, departamental, gubernamental, etc.)				
	Oposición pública				
	Riesgo ambiental				

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los 18 riesgos identificados y evaluados, **algunos tienen un impacto potencialmente significativo en la toma de decisiones sobre qué modelo de negocio es el más adecuado para impulsar el despliegue de la infraestructura de carga pública** en una zona estratégica de Colombia. Ejemplos de estos riesgos incluyen:

- Tarifa máxima potencial insuficiente
- Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas
- Demanda insuficiente
- Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico
- Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas⁴⁶
- Falta de financiación especializada

Es fundamental destacar que el resto de los riesgos identificados pueden no afectar tanto en la decisión del modelo de negocio o que pueden ser aplicables con la misma intensidad bajo cualquier enfoque. En este sentido, la forma de mitigar dichos riesgos será mediante la definición de mecanismos políticos, regulatorios y técnicos. Dichos mecanismos fueran identificados en el *Entregable AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico*, de esta consultoría.

La evaluación de estos riesgos no solo dependerá de la zona estratégica donde se ubique la infraestructura de carga y la tipología de infraestructura que se instala, sino también de la distribución de responsabilidades que dependen directamente del modelo de negocio que se prefiera.

En este sentido, **en las siguientes secciones se realizará este análisis más detallado con objeto de caracterizar las zonas estratégicas de Colombia y con ello, evaluar qué modelo de negocio es capaz de mitigar los riesgos que afectarían a un posible proyecto de infraestructura de carga desarrollado en dicha zona.**

3.2.3 Caracterización de las zonas de Colombia

Con el objeto de caracterizar las zonas de Colombia y los potenciales modelos de negocio aplicables a cada una de ellas, se consideró necesario la realización de un **análisis⁴⁷ diferenciado entre los grupos y las zonas estratégicas identificadas** en el apartado de este documento llamado “3.1.1 Identificación de zonas estratégicas de Colombia”. Adicionalmente, en dicho apartado se propone una ubicación orientativa para la instalación de las estaciones de carga. En este sentido se consideran dos análisis:

- A Nivel de Ciudades – Departamentos**, que identifique las principales características tanto de las Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y **No- ZBDP** (considerando a todos los Departamentos de Colombia y haciendo un análisis particular a las Ciudades principales e intermedias⁴⁸).
- A nivel nacional**, que identifique la **Red vial nacional y los Hubs de movilidad** de Colombia.

⁴⁶ En el apartado de este documento llamado “3.1.3 Inversión potencial necesaria”, se ha cuantificado el potencial sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica que es necesaria realizar con objeto de disponer de acceso a la red eléctrica y que dicho acceso sea adecuado al despliegue de infraestructura de carga en Colombia.

⁴⁷ Cabe resaltar que, para la realización de este análisis se encontraron dificultades a la hora de obtener información y datos adecuados provenientes de fuentes primarias directas. En este sentido y, para suplir dichas dificultades, se llevó a cabo un análisis indirecto en determinados aspectos de tal manera que los resultados obtenidos sean robustos.

⁴⁸ De acuerdo a los Términos de Referencia de la consultoría.

A continuación se procede a exponer brevemente el desarrollo de dichos análisis y los principales resultados.

3.2.3.1 Caracterización de las Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP

Este análisis se ha llevado a nivel Departamento y haciendo un análisis particular a las Ciudades principales e intermedias. Los pasos llevados a cabo fueron:

1

Identificar aquellos indicadores con datos de acceso público que mejor se ajusten al objeto del análisis

Estos indicadores han sido seleccionados por ofrecer una visión contextualizada de los Departamentos y Ciudades de Colombia y, de esta manera, facilitar la identificación de los diferentes modelos de negocio que mejor se ajusten a las necesidades de cada zona geográfica.

Posteriormente, estos indicadores servirán para caracterizar las zonas estratégicas de Colombia y los **riesgos económicos y de mercado, así como tecnológicos** identificados y evaluados en los apartados anteriores llamados “3.2.1 Identificación de los Riesgos potenciales” y “3.2.2 Evaluación de Riesgos”. De esta forma, los indicadores⁴⁹ seleccionados son:

Figura 17: Selección de indicadores para caracterizar las zonas estratégicas de Colombia



⁴⁹ El detalle de la descripción de cada indicador, así como la fuente de dónde se obtuvo se encuentra disponible en la Tabla 27 del anexo 2

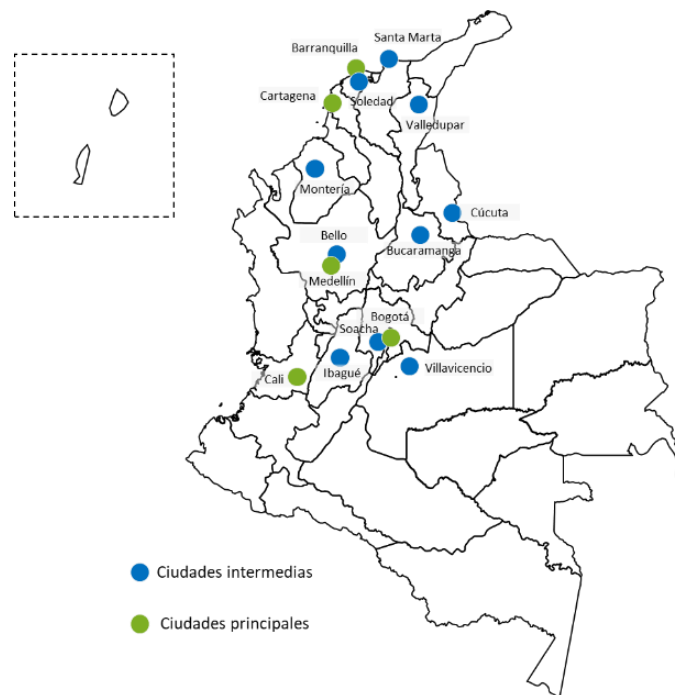
2

Identificar las Ciudades Principales e Intermedias en Colombia

En base los *Términos de Referencia*, se procedió a seleccionar aquellas ciudades categorizadas como principales e intermedias y que además superasen los 500.000 habitantes en 2023.

Estas ciudades se muestran en la figura a continuación presentada:

Figura 18. Ciudades principales y ciudades intermedias de Colombia



Fuente: DANE, análisis Deloitte.

3

Eliminar el efecto de estas ciudades sobre el departamento en su conjunto

Estas ciudades pueden suponer un valor atípico en el contexto del Departamento de Colombia al que pertenecen. Por ello, en el análisis departamental, no se incluyen los valores de dichas ciudades.

4

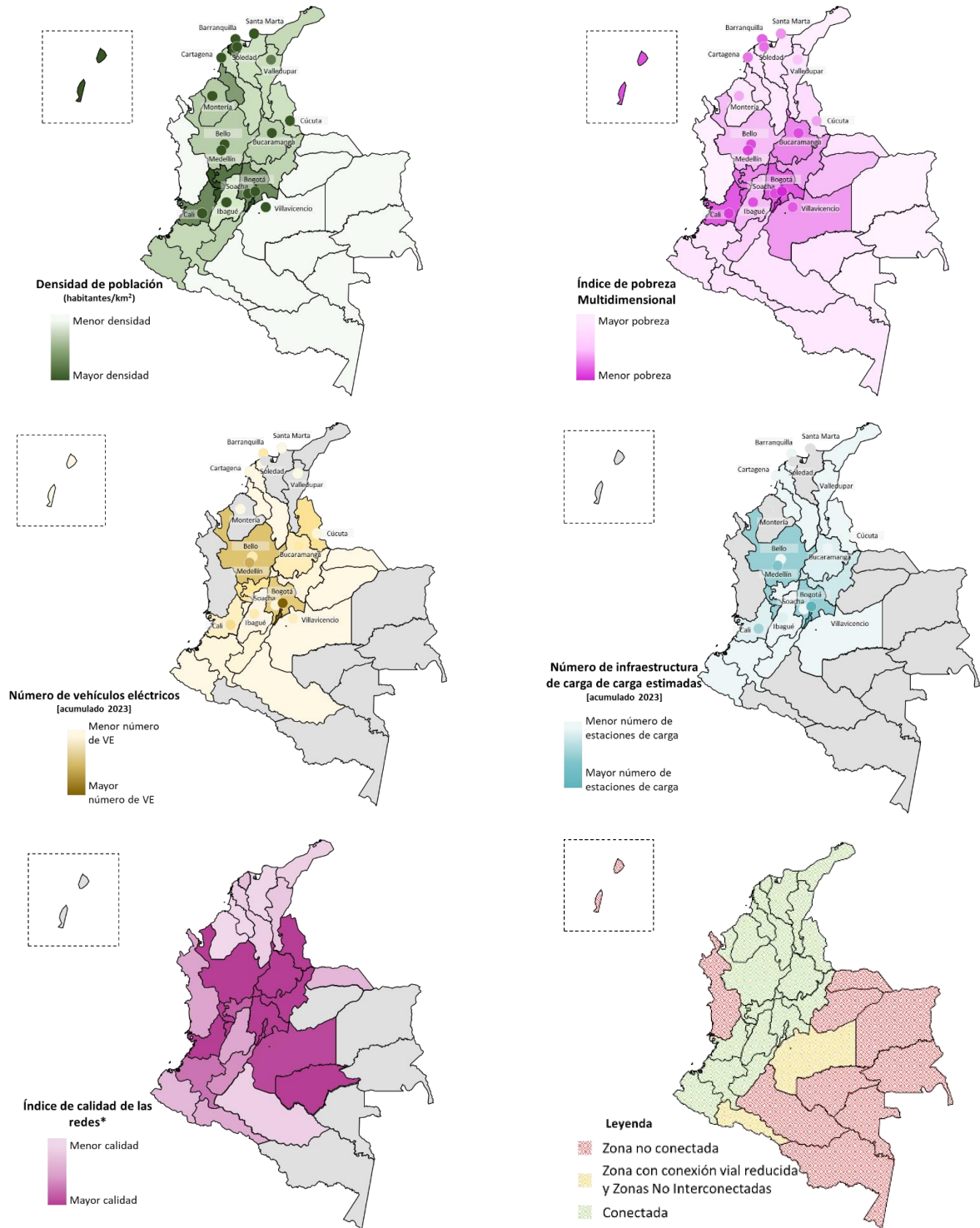
Analizar los datos y elaborar mapas coropléticos de Colombia

Una vez los datos fueron recopilados, tratados y unificados, se procedió a la elaboración de mapas coropléticos de Colombia con base en los indicadores mencionados anteriormente.

Este tipo de mapa permite obtener una representación visual del resultado de cada indicador para cada Departamento y Ciudad identificada de Colombia, **habilitando así la caracterización de las zonas, lo que servirá como base para la toma de decisiones estratégicas en el desarrollo de infraestructura de carga pública en el contexto colombiano.**

A continuación, fruto de la metodología mencionada y del análisis llevado a cabo, se presentan cada uno de los mapas correspondientes a los 6 indicadores:

Figura 19. Mapas coropléticos de los indicadores utilizados para el análisis



Fuente: DANE, ANDEMOS, RUNT, Electromaps, Superintendencia de Servicios Públicos, Instituto Nacional de Vías, Instituto de Planificación, Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas, entrevistas realizadas y análisis Deloitte.

En los 3 mapas de la parte izquierda y en los dos mapas superiores de la parte derecha, las tonalidades más oscuras denotan resultados positivos, por ejemplo, menor índice de pobreza, mayor densidad de población, etc. Sin embargo, en el mapa inferior derecho que caracteriza cada zona de Colombia en función del desarrollo de redes viales y eléctricas, la tonalidad verde muestra zonas con una infraestructura de conexión vial y redes eléctricas adecuadas para el desarrollo de la infraestructura de carga pública.

Así pues, se puede apreciar cómo, en general, las ciudades de Bogotá y Medellín, y los departamentos de Antioquia y Cundinamarca se sitúan a la cabeza en cuanto al desarrollo del ecosistema de movilidad eléctrica al ser las principales zonas con vehículos eléctricos e infraestructura de carga pública. Esto al verificar, mediante el análisis llevado a cabo, que dichas zonas cumplían 2 condiciones sine qua non. Estas condiciones son relativas a presentar más de 1.000 vehículos eléctricos en su parque vehicular y, además, haber identificado más de 15 puntos de infraestructura de carga pública para vehículos eléctricos en su territorio.

Por otro lado, las regiones de la Amazonía y Orinoquía, así como el departamento del Chocó, se caracterizan por ser zonas no conectadas, considerando a una zona no conectada a aquella que pertenecen al Sistema eléctrico ZNI, así como disponen de una red vial deficitaria (sin carreteras principales y secundarias nacionales). Adicionalmente, son zonas con una baja densidad de población⁵⁰, con un elevado índice de pobreza multidimensional⁵¹. Ambos factores suponen que estas zonas no se consideren prioritarias en un despliegue nacional de infraestructura de carga pública.

Adicionalmente, el indicador vinculado a la calidad de las redes podría actuar como un inductor de costos ya que, en aquellas zonas con menor calidad, el costo correspondiente a la obra civil y eléctrica de la infraestructura de carga podría aumentar significativamente.

De los mapas presentados, **se observa una marcada dispersión en las zonas caracterizadas con No-ZBDP**, considerando, ZBDP a aquellas ciudades y departamentos cuya densidad de población sea inferior a 100 habitantes/km². Una dispersión tanto entre las diversas Ciudades identificadas como entre Departamentos. En este sentido, cada ubicación deberá evaluarse de manera individual, evitando comparaciones directas con territorios similares.

En este sentido, entre Ciudades Principales podría ser recomendable aplicar el mismo modelo de negocio debido a la existencia de riesgos similares y un elevado atractivo hacia el sector privado. Sin embargo la intensidad de apoyo público podría variar según el riesgo de demanda específico o la presencia de sobrecostos relacionados con la fase de construcción de la infraestructura eléctrica.

Por otro lado, en las Ciudades Intermedias existe una mayor dispersión entre las mismas, por lo que podría ser recomendable aplicar diferentes modelos de negocio, así como distintas intensidades de apoyo público, reconociendo así las particularidades de cada ubicación.

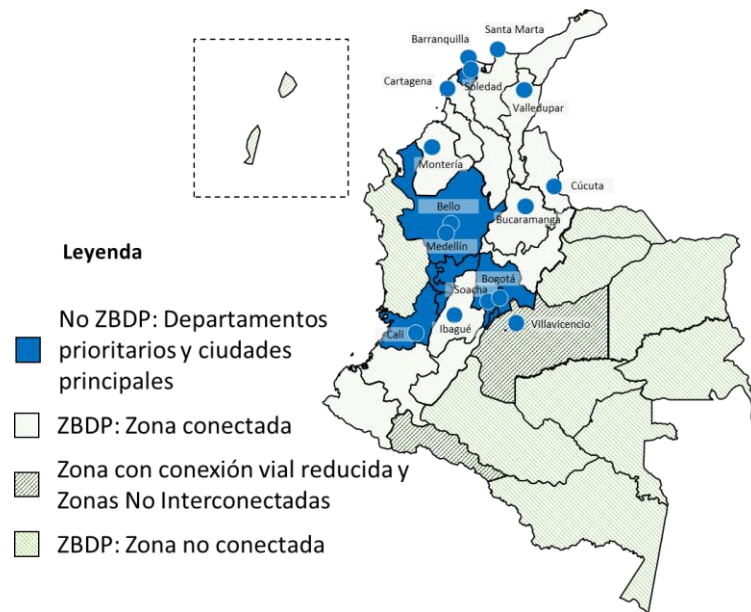
Por último, en las **zonas clasificadas como ZBDP** y por tanto, con una densidad de población inferior a 100 habitantes/km², se han identificado 3 posibles casuísticas: (1) zonas no conectadas, (2) zonas con conexión vial reducida y pertenecen a la red ZNI y por último, (3) zonas conectas consideradas a aquellas con una conexión vial adecuada para el despliegue y no pertenecen a la red ZNI. La dificultad del acceso a dichas zonas, así como la pertenencia al ZNI, supondrá mayores desafíos al despliegue de infraestructura de carga pública.

En este sentido derivado de lo anterior expuesto, se ha podido diferenciar **4 tipos de zonas en Colombia**:

⁵⁰ Aquellas ciudades y departamentos cuya densidad de población sea inferior a 100 habitantes/km²

⁵¹ Se considera un grado de pobreza multidimensional bajo cuando tenga un valor inferior a 14 puntos. En caso contrario, se considera un grado elevado.

Figura 20. Caracterización de las zonas estratégicas de Colombia entre Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y No-ZBDP



Fuente: Elaboración propia

Esta caracterización permitirá, junto con otros identificadores y la identificación y evaluación de riesgos, determinar, posteriormente, el potencial modelo de negocio para cada Ciudad y Departamento. Así pues, existen 9 Departamentos catalogados como Zonas no conectadas debido a su deficitaria conexión a la red de vías nacionales primarias y pertenecer, en gran medida al sistema ZNI. Hay otros 2 Departamentos clasificados como zonas con conexión vial reducida y pertenecen a la red ZNI que presentan una conexión vial por carretera reducida y abundantes Zonas No Interconectadas, así como baja densidad de población. Se observan 14 Departamentos, clasificados como zonas conectadas con una baja densidad de población pero con alta presencia de carreteras de primer nivel y que mayoritariamente no pertenecen a las Zonas No Interconectadas. Por último, 7 departamentos y tanto las ciudades principales como las intermedias, que se clasifican como zonas No-ZBDP que presentan en general, una densidad de población alta y una buena conexión tanto en lo relativo a vías de primer nivel como a redes eléctricas.

Tabla 1. Caracterización de las zonas entre Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y No-ZBDP

Categoría	Ciudad	Departamento
No ZBDP: Departamentos prioritarios y Ciudades Principales e Intermedias	Barranquilla, Bello, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Cúcuta, Ibagué, Medellín, Montería, Santa Marta, Soacha, Soledad, Valledupar, Villavicencio.	Antioquia, Cundinamarca, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca.
ZBDP: Zona conectada	---	La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, César, Norte de Santander, Santander, Boyacá, Tolima, Huila, Cauca, Nariño.
ZBDP: Zona con conexión vial reducida y Zonas No Interconectadas	---	Meta, Putumayo.
ZBDP: Zona no conectada	---	Arauca, Casanare, Vichada, Guanía, Guaviare, Vaupés, Caquetá, Amazonas

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la combinación de los resultados obtenidos en el estudio de los indicadores resulta en la existencia de riesgos que podrán ser mitigados en función del modelo de negocio que se estructure en cada zona.

A modo ilustrativo, se ejemplifica la relación entre los indicadores y los riesgos⁵² identificados con impacto potencial: el grado de riesgo asociado a una tarifa máxima potencial insuficiente estará directamente influenciado por el índice de pobreza multidimensional presente en la ubicación seleccionada para el proyecto. La dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas dependerá, en gran medida, de la naturaleza específica de la ubicación, ya sea un negocio ubicado en una ciudad principal o intermedia, una vía nacional o un Hub de movilidad.

Asimismo, el grado de riesgo vinculado a una demanda insuficiente se verá afectado por factores como la densidad de población y el nivel de desarrollo del ecosistema de movilidad eléctrica, que incluye el número de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga existente. La variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico, así como los posibles sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas estarán influenciados por el índice de calidad de las redes y, por ende, por la ubicación de la infraestructura, entre otros factores. **En conjunto, esta contextualización detallada sobre las zonas de Colombia permitirá una evaluación más precisa y adaptada a las necesidades específicas de cada ubicación en el desarrollo de la infraestructura de carga pública en Colombia.**

3.2.3.2 Caracterización de la Red vial nacional y Hubs de movilidad

Este análisis se ha llevado a nivel nacional. Una red de carga rápida que conecte regiones en todo el país es fundamental para acelerar la transición a los vehículos eléctricos, ya que permite realizar los viajes interregionales al reducir las preocupaciones de los usuarios sobre quedarse sin carga durante los desplazamientos largos. Adicionalmente, en el apartado “3.1.1 Identificación de zonas estratégicas de Colombia” de este documento, se propone una ubicación orientativa para la instalación de las estaciones de carga tanto en la Red vial nacional como en los Hubs de movilidad.

Con objeto de impulsar en Colombia el despliegue a gran escala de infraestructura de carga pública en las primeras fases del despliegue, donde todavía no hay una penetración de VE significativa, las experiencias internacionales generalmente centran sus primeros esfuerzos en identificar aquellas vías nacionales más relevantes a nivel país. Algunas de estas vías podrían ser:

- **Las vías nacionales principales:** aquellas con mayor densidad de tráfico, que conectan las ciudades principales del país. Estas vías son esenciales para facilitar viajes interurbanos y aumentar la visibilidad de la infraestructura de carga.
- **Conexiones regiones:** Identificar vías que conecten diferentes regiones del país, contribuyendo así a la integración de la infraestructura de carga a nivel nacional.
- **Rutas Turísticas:** Seleccionar rutas turísticas populares, ya que generalmente podrían ser frecuentadas por conductores que podrían estar interesados en vehículos eléctricos. Desarrollar infraestructura de carga en estas áreas podría incentivar el turismo en vehículos eléctricos.
- **Hubs de movilidad:** identificar las ubicaciones estratégicas que sirven como centros de conexión y transferencia para diversos modos de transporte, como puertos y aeropuertos.

Esta aproximación inicial se centra en maximizar la cobertura y utilidad de la infraestructura de carga, estableciendo una base para su expansión gradual en Colombia.

En este sentido, se llevó a cabo el siguiente proceso:

⁵² En anteriores apartados, se han identificado, así como evaluado los riesgos potenciales que pueden afectar al despliegue efectivo de la infraestructura de carga. Del mismo modo, el grado en que los riesgos afectan al despliegue, sobre todo aquellos con impacto potencialmente significativo dependerán entre otros factores, de la zona estratégica donde se ubique la infraestructura de carga.

1

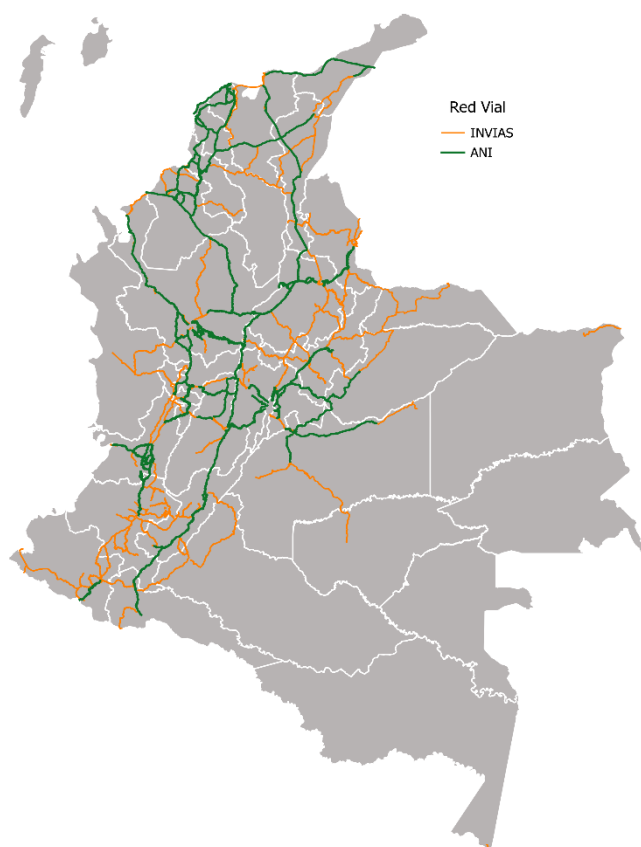
Identificar la Red vial nacional, las rutas prioritarias y Hubs de movilidad principales

A partir de información de INVIAS se ha definido la **red vial primaria de Colombia** como el área objetivo para iniciar el despliegue a gran escala de la infraestructura de carga pública en Colombia. De forma adicional, se han identificado las **rutas prioritarias** para dicho despliegue. Para ello, el criterio seguido para la selección de las rutas ha sido incluir a aquellas **rutas que conectan las Ciudades Principales, Intermedias y sirven como ruta de enlace con los países limítrofes de Venezuela y Ecuador**. El detalle de las rutas identificadas como prioritarias se incluye en la *Tabla 12. Detalle del número aproximado identificado de puntos de carga en carreteras de la red vial primaria, rutas prioritarias y Hubs, de este documento*.

Por otro lado, se han identificado aquellos **Hubs de movilidad** que, por su afluencia de transeúntes, se aventuran como **estratégicos** en el desarrollo de la infraestructura de carga pública nacional. Dichos Hubs incluyen a los principales **aeropuertos y puertos de Colombia**.

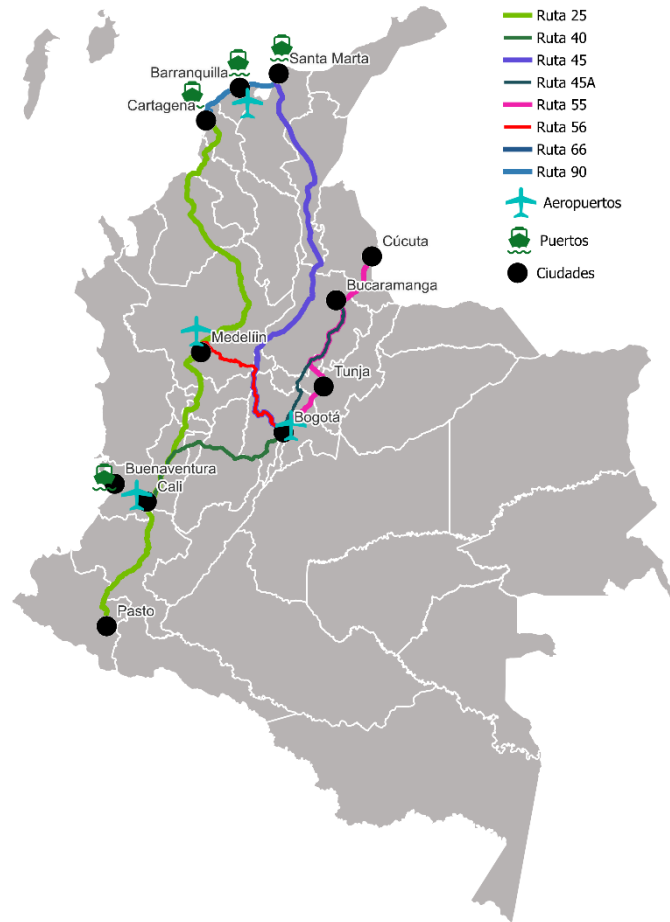
A continuación, se muestra la **red vial primaria de Colombia**, las **rutas identificadas como prioritarias** para el despliegue de infraestructura de carga pública y **Hubs identificados**:

Figura 21. Red vial primaria nacional de Colombia



Fuente: INVIAS, Superintendencia de Transporte, Aeronáutica civil, análisis Deloitte.

Figura 22. Rutas prioritarias y Hubs de movilidad de Colombia



Fuente: INVIAS, Superintendencia de Transporte, Aeronáutica civil, análisis Deloitte.

De acuerdo con la figura anterior, se pueden destacar los siguientes puntos:

- La **red vial primaria** abarca aproximadamente **17.000 kilómetros**.
- Dentro de esta red, alrededor de **3.500 kilómetros** se identifican como **rutas prioritarias nacionales**, entre las cuales se incluye la **carretera panamericana**.

Se han identificado un total de **8 Hubs** de movilidad, correspondientes a **4 aeropuertos**⁵³ (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla) y **4 puertos marítimos** (Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y Buenaventura).

3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia

En el marco de la evaluación de los posibles modelos de negocio, la **metodología propuesta aborda la identificación y evaluación de riesgos** a los que se enfrentaría el proyecto de despliegue de infraestructura de carga pública, **reconociendo que cualquier modelo de negocio exitoso debería generar valor para los usuarios finales y permitir a las partes interesadas recuperar costos y obtener beneficios**. Este enfoque metodológico

⁵³ Los aeropuertos que sirven a las ciudades de Medellín, Cali y Barranquilla se ubican en Rionegro, Pereira y Soledad, respectivamente.

es aplicado de manera consistente a todas las zonas estratégicas identificadas en Colombia. Este apartado identifica potenciales modelos de negocio con la siguiente división para cada zonas estratégicas de Colombia:

- (i) **A nivel nacional:**
 - a. Hubs de movilidad
 - b. Red vial nacional
- (ii) **A Nivel de Ciudades – Departamentos:**
 - a. No-ZBDP
 - o Departamentos prioritarios y Ciudades principales⁵⁴
 - o Resto de departamentos y Ciudades intermedias⁵⁵
 - b. ZBDP (Zonas de Baja Densidad Poblacional)⁵⁶

En una primera etapa, se lleva a cabo la identificación y evaluación de los riesgos más impactantes que podría enfrentar un promotor al desarrollar un proyecto de infraestructura de carga. Esta evaluación se realiza teniendo en cuenta los apartados “3.1.1 Identificación de las zonas estratégicas de Colombia”, “3.1.2 Tipologías de infraestructura de carga en función de la ubicación”, “3.2.2 Evaluación de Riesgos”, “3.2.3 Caracterización de las zonas de Colombia”.

Seguidamente, se propone uno o varios modelos de negocio que mejor mitigarían los riesgos identificados en cada zona. Y finalmente, **debido a la escasa madurez del mercado actual en torno a la movilidad eléctrica en Colombia, se identifican cualitativamente⁵⁷ las necesidades de apoyo público necesarias para respaldar la implementación exitosa de los modelos de negocio propuestos, diferenciando en 4 niveles de apoyo público posibles (reducido, bajo, moderado, alto).**

A efectos del análisis realizado se considera:

- *Un Ecosistema de la movilidad en desarrollo para aquellas Ciudades y departamentos que cumplan las siguientes dos condiciones: +1.000 Vehículos eléctricos y +15 Estaciones de carga eléctrica.*
- *Se considera Zona ZBDP a aquellas ciudades y departamentos cuya densidad de población sea inferior a 100 habitantes/km².*
- *Se considera zona no conectada a aquella que pertenecen al Sistema eléctrico ZNI, así como disponen de una red vial deficitaria (sin carreteras principales y secundarias nacionales).*
- *Se considera Zona conectada a aquellas que no pertenecen al Sistema eléctrico ZNI y disponen de una red vial adecuada (con carreteras principales y secundarias nacionales).*
- *Se considera un grado de densidad de población en la Ciudad y Departamento alto cuando tenga un valor superior a 1.000 habitantes/km². En caso contrario, se considera un nivel Medio o Bajo.*

⁵⁴ A efectos del análisis sobre los modelos de negocio adecuados para el despliegue de infraestructura de carga, se considera que los Departamentos de Antioquia y Cundinamarca, podrían desarrollar modelos de negocio similares a los propuestos en este apartado para las Ciudades Principales.

⁵⁵ A efectos del análisis sobre los modelos de negocio adecuados para el despliegue de infraestructura de carga, se considera que los Departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca, podrían desarrollar modelos de negocio similares a los propuestos en este apartados para las Ciudades Intermedias.

⁵⁶ Se considera en esta categoría al resto de Departamentos, clasificados como ZBDP en la *Tabla 1. Caracterización de las zonas entre Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP)*, de este documento.

⁵⁷ En el capítulo siguiente de este documento llamado “Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia” se identifica cuantitativamente el apoyo público necesario para respaldar la implementación de los modelos de negocio propuestos en las zonas estratégicas de Colombia, con el principal objetivo de dar una aproximación de los recursos públicos que se podrían movilizar para incentivar el despliegue.



- *Se considera un grado de pobreza multidimensional bajo cuando tenga un valor inferior a 14 puntos. En caso contrario, se considera un nivel Medio o Alto.*
- *Se considera Redes Eléctricas adecuadas a aquellas Ciudades y Departamentos que cumplan las siguientes dos condiciones: máximo 25u en el índice SAIDI y máximo 20u en el índice de SAIFI. Aquellas zonas que no cumplan ambas condiciones, se considera Redes eléctricas no adecuadas para el despliegue de la infraestructura de carga.*



HUBS DE MOVILIDAD

Se han identificado un total de 8 Hubs de movilidad con 4 puntos de carga rápida pública cada uno con objeto de dar una señal al mercado asociado a la movilidad eléctrica.

Evaluación de los riesgos potenciales

Se presenta a continuación una evaluación de los riesgos con un impacto potencialmente significativo a la hora de desarrollar la infraestructura de carga pública en los Hubs de movilidad de Colombia:

✓ Impacto directo	⚠ Impacto indirecto	● ● ● Se indica de menor a mayor grado de riesgo	INVERSIÓN FINANCIACIÓN	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN	OPERACIÓN	INGRESOS
📉			⚠			✓
📉			⚠			✓
\$			⚠		✓	
⚡			⚠	✓		
🎯			⚠	✓		⚠
📋			✓			

- **Tarifa carga máxima potencial** insuficiente. En entornos de Hubs y puntos estratégicos, la influencia del precio por carga en la decisión de los usuarios es menor. Esto se debe a que, en las ubicaciones con rotación continua de vehículos con tiempos de permanencia cortos, la necesidad de carga está más vinculada a la logística del trayecto que al costo específico por carga. La conveniencia por la tipología de infraestructura de carga rápida, la ubicación y velocidad de recarga son más críticas en este contexto.
- **Demanda insuficiente.** La demanda estará influenciada por la ubicación de los puntos de carga. En los 8 Hubs de movilidad identificados este riesgo es menor, al tratarse de zonas con alto tráfico y necesidades de carga rápidas y frecuentes, sobre todo para aquellos con alta densidad de vehículos comerciales (como los taxis y VTC (Vehículo de Transporte con Conductor)). No obstante lo anterior, con el objetivo de evaluar este riesgo, se deberá hacer un estudio previo de la tipología y densidad de tráfico habitual de los Hubs, así como de las posibles estaciones de carga que podrían instalarse en las proximidades.
- Variación en el **costo de las tarifas** asociadas al **suministro eléctrico**. En los Hubs y puntos estratégicos principales identificados en Colombia, disponer de una calidad de suministro continuada y adecuada

para la infraestructura de carga pública, dependerá de la ubicación de las mismas ya que se ubican tanto en ciudades principales como intermedias con diferentes índices de calidad de suministro. Esta variabilidad impactará en la confiabilidad de la infraestructura de carga eléctrica. En aquellas ubicaciones con peor calidad en el suministro y, unido al hecho de que en dichas zonas se presenta una mayor dificultad de prestar el suministro de electricidad, generalmente la tarifa eléctrica será más elevada, como podría ser el caso de los Hubs de movilidad ubicados en las ciudades del caribe. Si además, consideramos el hecho de que en los Hubs, la tipología de infraestructura que se instalaría preferentemente es de carga rápida con mayores potencias instaladas, se condiciona a que el Promotor tenga mayores costos asociados al término de potencia en la tarifa eléctrica. En este sentido, el riesgo al que está expuesto dependerá de la ubicación donde se instale la infraestructura. No obstante lo anterior, con el objetivo de evaluar este riesgo, se deberá hacer un estudio previo de las condiciones de las redes eléctricas de los Hubs de movilidad identificados, así como del costo asociado al suministro eléctrico.

- **Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas** preparadas. Este riesgo es variable y dependerá de múltiples factores: el estado de las redes y la capacidad de las mismas para asumir la carga adicional que supondrá la infraestructura de carga rápida, así como de la nueva infraestructura necesaria en caso de que el punto de conexión con la red de distribución se encuentre alejado de la ubicación.
- **Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas.** En Colombia el espacio en los Hubs de movilidad suele estar gestionado a través de concesiones, donde empresas privadas obtienen derechos exclusivos para operar y mantener la zona. Estas concesiones a menudo incluyen restricciones sobre el uso del espacio. En este sentido, la presencia de concesiones implica que el acceso a espacios en zonas para la instalación de infraestructura de carga pública está sujeto a restricciones y acuerdos preexistentes.
- **Falta de financiación especializada.** Las estaciones de carga rápida, comunes en Hubs, tienden a requerir inversiones iniciales elevadas (CAPEX) en comparación con las estaciones de carga lenta. Esto aumenta considerablemente la necesidad de grandes sumas de financiamiento, aumentando el riesgo de acceder a la financiación necesaria para los proyectos. Dado que los proyectos de carga rápida implican costos financieros más altos, hay una mayor dependencia de entidades financieras especializadas. Esto aumenta la vulnerabilidad ante la ausencia de financiación especializada, ya que la financiación convencional puede ser menos accesible.

Después de una evaluación de los riesgos inherentes a la instalación de infraestructura de carga pública en los Hubs de movilidad, se puede identificar en qué etapas específicas de la cadena de valor y la intensidad de los riesgos a los que se enfrentan los agentes que estén interesados en el desarrollo de la infraestructura. Esta evaluación proporciona información sobre la necesidad y el posible nivel de apoyo público requerido para que los agentes privados perciban la implementación de la infraestructura de carga pública como una oportunidad viable en este ámbito.

En consecuencia, con base en el análisis de los riesgos presentados, se destaca que los principales desafíos para los agentes interesados en impulsar la infraestructura de carga pública en los Hubs de movilidad de Colombia **se encuentran principalmente en la etapa de inversión y financiación, así como en la etapa de construcción e instalación.**

Propuesta de Modelo de negocio

Dado este contexto, el **modelo concesional**⁵⁸ en sus dos vertientes **podría ofrecer una solución viable**. En la primera vertiente, donde el concesionario proporciona el terreno y asume la responsabilidad de la construcción y conexión de la infraestructura de cara a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga y, el agente privado se encarga de operar y proveer los servicios de movilidad, **se conseguiría minimizar todos los riesgos asociados a la etapa de construcción e instalación a los que podría enfrentarse el agente privado**.

En la segunda vertiente, el concesionario aporta únicamente el terreno, y el agente privado cubre los costos asociados con la construcción, instalación y operación, asumiendo mayores inversiones y riesgos, pero también mayores ingresos esperados. Bajo este modelo de concesión, se conseguiría **minimizar el riesgo asociado a disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas**.

Ambas opciones permiten equilibrar los riesgos y beneficios entre las partes involucradas, promoviendo la colaboración efectiva en el desarrollo de la infraestructura de carga pública en las vías nacionales. No obstante lo anterior, **la aplicación de un modelo concesional u otro dependerá de los sobre costos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas y por tanto, de la ubicación del Hub de movilidad**.

Propuesta de Apoyo Público

Adicional e independientemente del esquema concesional que pueda incentivarse para el desarrollo de infraestructura de carga pública en los Hubs de movilidad de Colombia, **se contempla la posibilidad de proporcionar apoyo público**⁵⁹ con objeto de mitigar los riesgos.

La determinación de la intensidad de este apoyo público dependerá de diversos factores, incluyendo el agente responsable que realice la inversión, el estado de las redes eléctricas, el costo asociado a las tarifas de suministro eléctrico y la disponibilidad de otros incentivos económicos y financieros, entre otros. La evaluación de estos elementos permitirá diseñar un respaldo público adaptado a las necesidades específicas de cada ubicación.

A partir del análisis realizado de los riesgos y la caracterización de las zonas estratégicas de Colombia, se puede observar que **la posición estratégica de estos Hubs de movilidad no solo favorece la demanda de carga rápida, sino que también reduce la incertidumbre en cuanto a la tarifa de carga máxima potencial**, generando así un entorno más propicio en comparación con otras zonas estratégicas para el desarrollo de la infraestructura de carga pública en el contexto colombiano. Adicionalmente, **el esquema concesional** propuesto como modelo de negocio proporciona una mayor flexibilidad y colaboración público-privada, reduciendo así **las barreras asociadas a la disposición de espacios estratégicos** para la instalación de la infraestructura de carga pública. En consecuencia, el respaldo público previsto para estas áreas estratégicas se caracterizaría por una reducida o baja intensidad en comparación con otras ubicaciones.

⁵⁸ Modelo de negocio definido en el apartado “2.2 Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades” de este documento.

⁵⁹ En el Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico” se identificaron los incentivos públicos, así como su impacto para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.



RED VIAL NACIONAL

Se ha identificado la red vial primaria de Colombia como el área objetivo para iniciar el despliegue a gran escala de la infraestructura de carga pública en Colombia, así como un total de 8 rutas prioritarias sobre las que intensificar el despliegue⁶⁰.

Evaluación de los riesgos potenciales

Se presenta a continuación una evaluación de los riesgos con un impacto potencialmente significativo a la hora de desarrollar la infraestructura de carga pública en la red vial nacional de Colombia:

✓ Impacto directo	⚠ Impacto indirecto	● ● ● Se indica de menor a mayor grado de riesgo	INVERSIÓN FINANCIACIÓN	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN	OPERACIÓN	INGRESOS
⚡			⚠			✓
⚡			⚠			✓
\$			⚠		✓	
⚡			⚠	✓		
🎯			⚠	✓		⚠
📄			✓			

- **Tarifa carga máxima potencial** insuficiente. Generalmente, en entornos de carreteras principales, la influencia del precio por carga en la decisión de los usuarios es menor. Esto se debe a que, en viajes por carretera, la necesidad de carga está más vinculada a la logística del viaje que al costo específico por carga. Los conductores en trayectos largos priorizan la eficiencia y rapidez de la carga para continuar su trayecto, haciendo que el precio sea un factor secundario. La conveniencia y velocidad de recarga son más críticas en este contexto.
- **Demanda insuficiente.** El riesgo de demanda insuficiente en las vías nacionales de Colombia principales dependerá de diversos factores: la densidad de tráfico habitual de la vía, la tipología de vehículos que transiten por dicha vía, así como la tipología y duración de los viajes que se realicen. Adicionalmente, también influirá el número de estaciones de carga próximas y la tipología de las mismas (el nivel de competencia existente). Es por ello, que con el objetivo de evaluar

⁶⁰ En el apartado "3.1.1 Identificación de zonas estratégicas de Colombia" de este documento, se propone una ubicación orientativa para la instalación de las estaciones de carga en la Red vial nacional.

cuantitativamente este riesgo en Colombia, se deberá hacer un estudio previo de estos factores para cada ubicación específica.

- **Variación en el costo de las tarifas** asociadas al **suministro eléctrico**. En las vías nacionales principales disponer de una calidad de suministro continuada y adecuada, dependerá de la ubicación de las mismas. Esta variabilidad impactará en la confiabilidad de la infraestructura de carga eléctrica. En aquellas ubicaciones de Colombia con peor calidad en el suministro y, unido al hecho de que en dichas zonas se presenta una mayor dificultad de prestar el suministro de electricidad, generalmente la tarifa eléctrica será más elevada. Si además, consideramos el hecho de que en estas vías de Colombia, la tipología de infraestructura que se instalaría es de carga rápida, se condiciona a que el Promotor tenga mayores costos asociados al término de potencia en la tarifa eléctrica. En este sentido, el riesgo al que está expuesto dependerá de la ubicación donde se instale la infraestructura.
- **Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas** preparadas. En Colombia se ha identificado que el riesgo a sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas en las vías nacionales generalmente es elevado. La distancia hasta el punto de acceso a la red de distribución impactará directamente en los costos asociados. Cuanto mayor sea la distancia, mayores podrían ser los gastos de conexión y la necesidad de infraestructuras adicionales, lo que podría generar sobrecostos. Adicionalmente, la capacidad de la red eléctrica es esencial. Si la capacidad es limitada, se pueden requerir mejoras para satisfacer las demandas de carga rápida en autopistas y dado que esta tipología de vías, generalmente no ha necesitado una capacidad elevada para dar proporcionar el suministro eléctrico, generalmente la repotenciación de la red eléctrica es necesaria y con ello, generar sobrecostos en la etapa de construcción.
- **Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas**. En Colombia el espacio en las carreteras suele estar gestionado a través de concesiones, donde empresas privadas obtienen derechos exclusivos para operar y mantener la zona. Estas concesiones a menudo incluyen restricciones sobre el uso del espacio. En este sentido, la presencia de concesiones implica que el acceso a espacios en zonas para la instalación de infraestructura de carga pública está sujeto a restricciones y acuerdos preexistentes.
- **Falta de financiación especializada**. Las estaciones de carga rápida, comunes en vías nacionales, tienden a requerir inversiones iniciales elevadas (CAPEX) en comparación con las estaciones de carga lenta. Esto aumenta considerablemente la necesidad de grandes sumas de financiamiento, aumentando el riesgo de acceder a la financiación necesaria para los proyectos. Dado que los proyectos de carga rápida en vías nacionales implican costos financieros más altos, hay una mayor dependencia de entidades financieras especializadas. Esto aumenta la vulnerabilidad ante la ausencia de financiación especializada, ya que la financiación convencional puede ser menos accesible.

Después de una evaluación de los riesgos inherentes a la instalación de infraestructura de carga pública en las vías nacionales, se puede identificar en qué etapas específicas de la cadena de valor y la intensidad de los riesgos a los que se enfrentan los agentes que estén interesados en el desarrollo de la infraestructura. Esta evaluación proporciona información sobre la necesidad y el posible nivel de apoyo público requerido para que los agentes privados perciban la implementación de la infraestructura de carga pública como una oportunidad viable en este ámbito.

En consecuencia, con base en el análisis de los riesgos presentados, se destaca que los principales desafíos para los agentes interesados en impulsar la infraestructura de carga pública en las vías nacionales de Colombia **se encuentran principalmente en la etapa de inversión y financiación, así como en la etapa de construcción e instalación.**

Propuesta de Modelo de negocio

Dado este contexto, el **modelo concesional**⁶¹ en sus dos vertientes **podría ofrecer una solución viable.** En la primera vertiente, donde el concesionario proporciona el terreno y asume la responsabilidad de la construcción y conexión de la infraestructura de cara a la red eléctrica propiedad del ESP, así como los costos asociados a la construcción e instalación de la infraestructura de carga y, el agente privado se encarga de operar y proveer los servicios de movilidad, **se conseguiría minimizar todos los riesgos asociados a la etapa de construcción e instalación.**

En la segunda vertiente, el concesionario aporta únicamente el terreno, y el agente privado cubre los costos asociados con la construcción, instalación y operación, asumiendo mayores inversiones y riesgos, pero también mayores ingresos esperados. Bajo este modelo de concesión, se conseguiría **minimizar el riesgo asociado a disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas.**

Ambas opciones permiten equilibrar los riesgos y beneficios entre las partes involucradas, promoviendo la colaboración efectiva en el desarrollo de la infraestructura de carga pública en las vías nacionales.

Del mismo modo, tal y como se ha introducido en el apartado “2. Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades” de este documento, **el modelo de negocio de Comunidad Energética**, también puede ser una opción viable, al poder implementarse prácticamente en todo el territorio nacional. Las comunidades energéticas proporcionan a los ciudadanos el acceso a recursos locales de energía renovable y otros servicios energéticos o de movilidad, como ocurre en el caso que se propone en este documento, de incluir infraestructura de carga de acceso público en la comunidad energética. Aplicar el modelo de negocio de comunidad energética en las estaciones de servicio de las vías nacionales de Colombia, puede suponer un **mayor aprovechamiento de la infraestructura de carga que sea promovida por la Comunidad energética, maximizando de este modo su uso e incrementando la rentabilidad del proyecto, minimizando de este modo los riesgos asociados a una posible demanda insuficiente.** Del mismo modo, los beneficios económicos que se obtengan del uso de la infraestructura de carga por los usuarios que no sean miembros de la Comunidad, pueden destinarse a **cubrir los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas, al ahorro económico de dichos miembros, así como al desarrollo social del entorno, reduciendo de este modo los riesgos y promoviendo de este modo el atractivo para desarrollar esta tipología de proyectos.**

Propuesta de Apoyo Público

Adicional e independientemente del modelo de negocio que pueda incentivarse para el desarrollo de infraestructura de carga pública en las vías nacionales principales de Colombia, **se contempla la posibilidad de proporcionar apoyo público**⁶² con objeto de mitigar los riesgos identificados.

⁶¹ Modelo de negocio definido en el apartado “2.2 Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades” de este documento.

⁶² En el Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico” se identificaron los incentivos públicos, así como su impacto para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.

La determinación de la intensidad de este apoyo público dependerá de diversos factores, incluyendo la demanda esperada en la vía nacional seleccionada para el proyecto, el agente responsable que realice la inversión, estado de las redes eléctricas y la disponibilidad de otros incentivos económicos y financieros, entre otros. La evaluación de estos elementos permitirá diseñar un respaldo público adaptado a las necesidades específicas de cada ubicación.

A partir del análisis realizado de los riesgos y la caracterización de las zonas estratégicas de Colombia, se puede observar que el despliegue de la infraestructura de carga rápida en la red vial nacional se enfrenta a riesgos que, dependiendo de la ubicación de la vía, pueden llegar a ser considerables. **La heterogeneidad en el riesgo a la demanda, el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico y los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas requerirá una identificación específica de apoyo público, centrándose en aquellas áreas con mayores riesgos.** Como resultado, el respaldo público destinado a estas áreas estratégicas deberá ajustarse en consecuencia. **Este enfoque personalizado permitirá una implementación más eficiente y efectiva de la infraestructura de carga pública en la red vial nacional de Colombia.**

Adicionalmente, el **esquema concesional** propuesto como modelo de negocio proporciona una mayor flexibilidad y colaboración público-privada, **reduciendo así** las barreras asociadas a la disposición de **espacios estratégicos** para la instalación de la infraestructura de carga pública (puesto que el modelo incentivará el acceso a espacios concesionados como las estaciones de servicio ya existentes en dichas vías para la instalación de la infraestructura de carga pública). **En consecuencia, el respaldo público previsto para estas áreas estratégicas se caracterizaría por una reducida, baja o moderada intensidad en comparación con otras ubicaciones.**

En caso de proyectos que implementen infraestructura de carga de acceso público bajo el modelo de negocio de Comunidad energética y **dado el componente estratégico y social que este modelo de negocio supone para Colombia** y que se describe en el “Artículo 2.2.9.1.2. *Naturaleza jurídica y objetivos de las Comunidades Energéticas*” del Decreto 2236 de 2023, **se propone que el respaldo público previsto para los proyectos que se desarrollen bajo este modelo de negocio, incremente su intensidad en comparación con otros modelos de negocio.** Este aumento en el apoyo público tiene como objetivo fomentar la adopción de las **Comunidades energéticas en Colombia**, promoviendo así la generación descentralizada de energía renovable y fortalecer la infraestructura de carga para la movilidad eléctrica, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico de Colombia.



No - ZBDP: DEPARTAMENTOS PRIORITARIOS Y CIUDADES PRINCIPALES



Se han identificado tres casos distintos: (1) ciudades donde el ecosistema de movilidad ya ha experimentado un desarrollo significativo⁶³ y en aquellas que aún no han alcanzado dicho desarrollo y que disponen de alta densidad de población se pueden diferenciar dos situaciones particulares: (2) aquellas con un índice de pobreza multidimensional bajo y, (3) aquellas ciudades con un índice de pobreza multidimensional medio o alto.

Evaluación de los riesgos potenciales

Se presenta a continuación una evaluación de los riesgos con un impacto potencialmente significativo a la hora de desarrollar la infraestructura de carga pública en las ubicaciones No-ZBDP: Ciudades principales:

Impacto directo	Impacto indirecto	Se indica de menor a mayor grado de riesgo	INVERSIÓN FINANCIACIÓN	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN	OPERACIÓN	INGRESOS
⚡			⚠			✓
📉			⚠			✓
\$			⚠		✓	
⚡			⚠	✓		
🎯			⚠	✓		⚠
📄			✓			

- **Tarifa carga máxima potencial** insuficiente. Este riesgo tiene una menor relevancia en las Ciudades principales identificadas en Colombia. Estas áreas no solo presentan un menor índice de pobreza multidimensional en comparación con ciudades intermedias o ZBDP, sino que también coinciden con lugares donde el ecosistema asociado a la movilidad eléctrica ya ha empezado a desarrollarse en mayor o menor medida. En estas circunstancias, hay una menor preocupación asociada a que la tarifa asociada la carga de vehículos eléctricos que está dispuesto a pagar el usuario en esta tipología de zonas sea menor a la requerida en el Proyecto, que en caso de suceder, supondría que los ingresos

⁶³ A efectos del análisis realizado se considera un Ecosistema de la movilidad en desarrollo para aquellas zonas de Colombia que cumplan las siguientes dos condiciones: +1.000 Vehículos eléctricos y +15 Estaciones de carga eléctrica.

generados por los usuarios serían inferiores a lo previsto en el plan de negocios, lo que podría dificultar la recuperación de costos y la obtención de una rentabilidad razonable del proyecto.

- **Demanda insuficiente.** Las ciudades principales de Colombia se distinguen por presentar tanto un índice de pobreza multidimensional menor como una presencia favorable del ecosistema de la Movilidad Eléctrica. Además, estas zonas se caracterizan por una alta densidad de población. Esta combinación de factores contribuye significativamente a un riesgo menor asociado con la posibilidad de una demanda insuficiente en la infraestructura de carga pública.
- Variación en el **costo de las tarifas** asociadas al **suministro eléctrico**. Dependiendo de la ubicación seleccionada para ubicar la infraestructura de carga pública (clústeres comerciales, gasolineras urbanas, áreas de trabajo o de aparcamiento, entre otras) variará la tipología de infraestructura que se instale. En este sentido, en aquellos casos en los que la potencia requerida sea menor, generalmente será necesario contar con una tarifa regulada de suministro eléctrico para el proyecto. Esto introduce un riesgo adicional, especialmente en el caso de posibles modificaciones en las tarifas eléctricas reguladas. Por otro lado, la ubicación también determinará la calidad del suministro eléctrico. Una posible deficiencia en la calidad del suministro, combinada con las dificultades inherentes a proporcionar electricidad en estas zonas, suele traducirse en tarifas eléctricas más altas, aumentando así los costos del proyecto. En consecuencia, con objeto de evaluar este riesgo, será necesario hacer un estudio específico en función de la ubicación del proyecto.
- **Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas** preparadas. El riesgo vinculado a los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas está estrechamente ligado a la ubicación específica del proyecto. Cada ciudad posee características únicas en sus redes eléctricas, lo que influye directamente en la viabilidad y costos de conexión para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. La diversidad en la capacidad disponible de las redes eléctricas locales también contribuirá a la variabilidad de los costos. Por lo tanto, la evaluación detallada de las condiciones eléctricas locales, la capacidad de las redes y la planificación de la infraestructura son esenciales para mitigar este riesgo en las ciudades principales.
- **Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas.** El riesgo de disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas para la infraestructura de carga pública en las Ciudades principales está intrínsecamente ligado a la ubicación y propiedad de los espacios. En las zonas de aparcamiento público, gasolineras urbanas, áreas de trabajo, entre otras, la propiedad suele recaer en entidades públicas. En este escenario, es común que exista una concesión a un agente privado para gestionar el espacio, lo que puede dificultar la instalación de infraestructura de carga, dependiendo del tipo de concesión y de las posibles limitaciones que pudieran existir en la modificación de la misma. En contraste, cuando los espacios son de propiedad privada (clústeres comerciales, algunas zonas de trabajo, hoteles, entre otras) surge la necesidad de establecer acuerdos entre el propietario del espacio y el promotor de la infraestructura de carga. Por lo tanto, el riesgo asociado a la disponibilidad de ubicaciones estratégicas dependerá en gran medida de la naturaleza pública o privada de los espacios, haciendo esencial un enfoque adaptativo según la ubicación específica.
- **Falta de financiación especializada.** El nivel de riesgo asociado al proyecto dependerá en gran medida de su ubicación estratégica en las ciudades principales de Colombia. En el caso de optar por instalar la infraestructura de carga pública en gasolineras urbanas, se optaría por una tipología de carga

rápida, lo que conllevaría un mayor desembolso inicial (CAPEX) y, por ende, un riesgo financiero más elevado. Sin embargo, si se elige ubicar la infraestructura en un clúster comercial, generalmente se opta por una tipología de carga lenta, que tiende a requerir menos inversión inicial (CAPEX) en comparación con las estaciones de carga rápida. Esto reduce la necesidad de grandes sumas de financiamiento, disminuyendo el riesgo de acceder a la financiación necesaria para los proyectos. Esto disminuye la vulnerabilidad ante la ausencia de financiación especializada, ya que la financiación convencional puede ser más accesible.

Adicional a lo anterior expuesto, el nivel de riesgo asociado a la falta de financiación especializada tiende a ser menor en las ciudades principales en comparación con las intermedias. Esta reducción se debe a la combinación de factores, incluyendo el riesgo asociado a una posible baja demanda y la posibilidad de contar con una tarifa de carga máxima potencial insuficiente. Estos riesgos son generalmente menores en las ciudades principales, lo que contribuye a mitigar el riesgo global asociado al proyecto de infraestructura de carga pública.

Propuesta de Modelo de negocio

Dado este contexto, el **modelo privado podría ser una solución viable** para la implementación de infraestructura de carga pública en las principales ciudades. A pesar de que este **modelo responsabiliza al agente privado de todas las obligaciones**, desde los costos de construcción e instalación hasta la operación de

la estación de carga y los servicios de movilidad eléctrica, **también ofrece la oportunidad de obtener mayores ingresos.**

En **entornos urbanos con riesgos de demanda menores y una menor probabilidad de tarifas máximas potenciales insuficientes, este modelo podría generar los ingresos esperados.** Sin embargo, se enfrenta a desafíos considerables, como la dificultad de acceder a ubicaciones estratégicas adecuadas, la variación en los costos de las tarifas eléctricas y los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas, sobre todo en aquellas ubicaciones donde se proponga la infraestructura de carga rápida, como podrían ser en las estaciones de servicio urbanas. **Estos desafíos podrían mitigarse con apoyo público y una planificación nacional que defina las ubicaciones estratégicas para la instalación prioritaria de la infraestructura de carga pública.**

Del mismo modo, tal y como se ha introducido en el apartado “2. Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades” de este documento, **el modelo de negocio de Comunidad Energética**, también puede ser una opción viable, al poder implementarse prácticamente en todo el territorio nacional. Las comunidades energéticas proporcionan a los ciudadanos el acceso a recursos locales de energía renovable y otros servicios energéticos o de movilidad, como ocurre en el caso que se propone en este documento, de incluir infraestructura de carga de acceso público en la comunidad energética. Aplicar el modelo de negocio de comunidad energética en estas zonas estratégicas, puede suponer un **mayor aprovechamiento de la infraestructura de carga que sea promovida por la Comunidad energética, maximizando de este modo su uso e incrementando la rentabilidad del proyecto, minimizando de este modo los riesgos asociados a una posible demanda insuficiente.** Del mismo modo, los beneficios económicos que se obtengan del uso de la infraestructura de carga por los usuarios que no sean miembros de la Comunidad, pueden destinarse a **cubrir los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas, al ahorro económico de dichos miembros, así como al desarrollo social del entorno, reduciendo de este modo los riesgos y promoviendo de este modo el atractivo para desarrollar esta tipología de proyectos.**

Propuesta de Apoyo Público

En consecuencia, el despliegue de infraestructura de carga pública en las principales ciudades de Colombia, aunque pueda ser liderado por el sector privado o las comunidades energéticas, requiere un apoyo público sustancial debido al aún incipiente desarrollo a gran escala del ecosistema de movilidad eléctrica.

La determinación de la intensidad de este apoyo público dependerá de diversos factores, incluyendo el potencial de demanda que pueda existir en la ciudad, el agente responsable de la inversión, el estado de las redes eléctricas, los costos asociados a las tarifas de suministro eléctrico que disponga cada ciudad y la disponibilidad de otros incentivos económicos y financieros. **La evaluación detallada de estos elementos permitirá diseñar un respaldo público adaptado a las necesidades específicas de cada ubicación, garantizando una colaboración efectiva entre los sectores público y privado⁶⁴.**

En conclusión y, a partir del análisis realizado de los riesgos y la caracterización de las zonas estratégicas de Colombia, se puede observar que la posición estratégica de las principales ciudades no solo favorece la demanda de carga tanto rápida como lenta, sino que también reduce la incertidumbre en cuanto a la tarifa de carga máxima potencial, **generando así un entorno más propicio** en comparación con otras zonas estratégicas para el desarrollo de la infraestructura de carga pública en el contexto colombiano. En consecuencia, la **combinación del modelo de negocio privado respaldado por el apoyo público se caracterizaría por una reducida, baja o moderada intensidad en comparación con otras ubicaciones y dependiendo de los riesgos a los que se enfrente el agente privado en caso de realizar el proyecto.**

Del mismo modo que se ha propuesto en el caso de las vías nacionales, en caso de proyectos que implementen infraestructura de carga de acceso público bajo el modelo de negocio de Comunidad energética y **dado el componente estratégico y social que este modelo de negocio supone para Colombia** y que se describe en el “Artículo 2.2.9.1.2. Naturaleza jurídica y objetivos de las Comunidades Energéticas” del Decreto 2236 de 2023, se propone que el respaldo público previsto para los proyectos que se desarrollen bajo este modelo de negocio, incremente su intensidad en comparación con otros modelos de negocio. Este aumento en el apoyo público tiene como objetivo fomentar la adopción de las Comunidades energéticas en Colombia, promoviendo así la generación descentralizada de energía renovable y fortalecer la infraestructura de carga para la movilidad eléctrica, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico de Colombia.

⁶⁴ Dada las diferentes casuísticas que pueden existir entre las ciudades principales, se propone la intensidad de apoyo público pueda diferir entre las ubicaciones. Por ejemplo con base en el potencial de demanda: proporcionar un apoyo público reducido en aquellas ciudades donde el ecosistema de movilidad ya ha experimentado un desarrollo significativo. Y por otro lado, en aquellas que aún no han alcanzado dicho desarrollo y que disponen de alta densidad de población, proporcionar un apoyo público bajo en caso de disponer un índice de pobreza multidimensional bajo y, un apoyo público moderado en aquellas ciudades con un índice de pobreza multidimensional medio o alto.



Estación de carga
Lenta y Rápida

No-ZBDP: RESTO DE DEPARTAMENTOS Y CIUDADES INTERMEDIAS

Se han identificado cuatro casos distintos: ciudades donde el ecosistema de movilidad no ha alcanzado un desarrollo y que disponen de alta densidad de población se pueden diferenciar dos situaciones particulares: (1) aquellas con un índice de pobreza multidimensional bajo y; (2) aquellas ciudades con un índice de pobreza multidimensional medio o alto. Por el contrario, aquellas ciudades que disponen de una densidad de población media o baja, se pueden diferenciar otras dos situaciones: (3) aquellas con un estado adecuado de redes eléctricas y; (4) aquellas con un estado no adecuado de las mismas.

Evaluación de los riesgos potenciales

Se presenta a continuación una evaluación de los riesgos con un impacto potencialmente significativo a la hora de desarrollar la infraestructura de carga pública en las ubicaciones No-ZBDP: Ciudades intermedias.

✓ Impacto directo	⚠ Impacto indirecto	● ● ● Se indica de menor a mayor grado de riesgo	INVERSIÓN FINANCIACIÓN	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN	OPERACIÓN	INGRESOS
⚡	Tarifa carga máxima potencial insuficiente		⚠			✓
📉	Demanda insuficiente		⚠			✓
\$	Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico		⚠			✓
⚡	Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas		⚠		✓	
🎯	Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas		⚠		✓	⚠
🏗️	Falta de financiación especializada		✓			

- **Tarifa carga máxima potencial** insuficiente. Este riesgo puede tener diferente intensidad en función de la ubicación del proyecto. Las ciudades intermedias identificadas en Colombia presentan diferentes índices de pobreza multidimensional y, adicionalmente, coinciden con lugares donde el ecosistema asociado a la movilidad eléctrica se encuentra en diferentes estados de madurez (desde estados iniciales hasta todavía por desarrollar). En estas circunstancias, el riesgo asociado a una tarifa potencial insuficiente dependerá de la ubicación y habría que hacer un estudio específico de la tarifa máxima que estarían dispuestos a pagar los usuarios.

- **Demanda insuficiente.** En las ciudades intermedias de Colombia el riesgo de demanda insuficiente dependerá de diversos factores, como por ejemplo: la ubicación, la tipología de vehículos y duración de las paradas que se realicen. Del mismo modo, la cercanía a otras ciudades principales o Hubs de movilidad con disponibilidad de infraestructura de carga, también será un factor relevante a estudiar. Adicionalmente, también influirá el número de estaciones de carga próximas y la tipología de las mismas (el nivel de competencia existente). Es por ello, que con el objetivo de evaluar este riesgo, se deberá hacer un estudio previo de estos factores.
- Variación en el **costo de las tarifas** asociadas al **suministro eléctrico**. Dependiendo de la ubicación seleccionada para ubicar la infraestructura de carga pública (clústeres comerciales, gasolineras urbanas, áreas de trabajo o de aparcamiento, entre otras) variará la tipología de infraestructura que se instale. En este sentido, en aquellos casos en los que la potencia requerida sea menor, generalmente será necesario contar con una tarifa regulada de suministro eléctrico para el proyecto. Esto introduce un riesgo adicional, especialmente en el caso de posibles modificaciones en las tarifas eléctricas reguladas. Por otro lado, la ubicación también determinará la calidad del suministro eléctrico. En Colombia se ha identificado que las ciudades intermedias disponen de un índice de calidad inferior a las ciudades principales, por lo generalmente se traducirá en tarifas eléctricas más altas, aumentando así los costos del proyecto. En consecuencia, con objeto de evaluar este riesgo, será necesario hacer un estudio específico en función de la ubicación del proyecto.
- **Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas** preparadas. Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas. El riesgo vinculado a los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas está estrechamente ligado a la ubicación específica del proyecto. Cada ciudad posee características únicas en sus redes eléctricas, lo que influye directamente en la viabilidad y costos de conexión para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. La diversidad en la capacidad de las redes eléctricas locales también contribuirá a la variabilidad de los costos. Por lo tanto, la evaluación detallada de las condiciones eléctricas locales, la capacidad de las redes y la planificación de la infraestructura son esenciales para mitigar este riesgo en las ciudades intermedias.
- **Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas.** El riesgo de disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas para la infraestructura de carga pública en las ciudades intermedias está intrínsecamente ligado a la ubicación y propiedad de los espacios. En las zonas de aparcamiento público, gasolineras urbanas, áreas de trabajo, entre otras, la propiedad suele recaer en entidades públicas. En este escenario, es común que exista una concesión a un agente privado para gestionar el espacio, lo que puede dificultar la instalación de infraestructura de carga, dependiendo del tipo de concesión y de las posibles limitaciones que pudieran existir en la modificación de la misma. En contraste, cuando los espacios son de propiedad privada (clústeres comerciales, algunas zonas de trabajo, hoteles, entre otras) surge la necesidad de establecer acuerdos entre el propietario del espacio y el promotor de la infraestructura de carga. Por lo tanto, el riesgo asociado a la disponibilidad de ubicaciones estratégicas dependerá en gran medida de la naturaleza pública o privada de los espacios, haciendo esencial un enfoque adaptativo según la ubicación específica.
- **Falta de financiación especializada.** El nivel de riesgo asociado al proyecto dependerá en gran medida de su ubicación estratégica en las ciudades intermedias de Colombia. En el caso de optar por instalar la infraestructura de carga pública en gasolineras urbanas, se optaría por una tipología de carga

rápida, lo que conllevaría un mayor desembolso inicial (CAPEX) y, por ende, un riesgo financiero más elevado. Sin embargo, si se elige ubicar la infraestructura en un clúster comercial, generalmente se opta por una tipología de carga lenta, que tiende a requerir menos inversión inicial (CAPEX) en comparación con las estaciones de carga rápida. Esto reduce la necesidad de grandes sumas de financiamiento, disminuyendo el riesgo de acceder a la financiación necesaria para los proyectos. Esto disminuye la vulnerabilidad ante la ausencia de financiación especializada, ya que la financiación convencional puede ser más accesible.

Adicional a lo anterior expuesto, el nivel de riesgo asociado a la falta de financiación especializada tiende a ser mayor en las ciudades intermedias en comparación con las principales. Este aumento se debe a la combinación de factores, incluyendo el riesgo asociado a una posible baja demanda y la posibilidad de contar con una tarifa de carga máxima potencial insuficiente. Estos riesgos son generalmente mayores en las ciudades intermedias, lo que contribuye a que aumente el riesgo global asociado al proyecto de infraestructura de carga pública.

Propuesta de Modelo de negocio

Dado este contexto heterogéneo de riesgos respecto a las ciudades intermedias, se proponen los siguientes modelos de negocio que podrían mitigar los riesgos en mayor medida para estas ubicaciones:

El **modelo privado podría ser una solución viable** para la implementación de infraestructura de carga pública en aquellas ciudades intermedias donde el ecosistema de movilidad no ha alcanzado un desarrollo, que disponen de alta densidad de población y (1) con un índice de pobreza multidimensional bajo y; para aquellas ciudades con un (2) índice de pobreza multidimensional medio o alto. A pesar de que este **modelo responsabiliza al agente privado de todas las obligaciones**, desde los costos de construcción e instalación hasta la operación de la estación de carga y los servicios de movilidad eléctrica, **también ofrece la oportunidad de obtener mayores ingresos**. En dichas ciudades **los riesgos de demanda menores y una menor probabilidad de tarifas máximas potenciales insuficientes, este modelo podría generar los ingresos esperados**. Sin embargo, se enfrenta a desafíos considerables, como la dificultad de acceder a ubicaciones estratégicas adecuadas, la variación en los costos de las tarifas eléctricas y los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas, sobre todo en aquellas ubicaciones donde se proponga la infraestructura de carga rápida, como podrían ser en las gasolineras urbanas. **Estos desafíos podrían mitigarse con apoyo público y una planificación nacional que defina las ubicaciones estratégicas para la instalación prioritaria de la infraestructura de carga pública.**

Por último, para aquellas zonas aquellas ciudades que disponen de una densidad de población media o baja la elección del modelo de negocio debería considerar tanto el **estado de las redes eléctricas**, así como la **tipología de infraestructura a desarrollar en dichas áreas**. En este contexto, en caso de que (3) el estado de las redes eléctricas sea adecuado, los riesgos asociados con la variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico, así como a sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas, serán menores que en aquellas ciudades intermedias con un (4) estado de las redes no adecuado al despliegue de la infraestructura de carga pública.

Si se adiciona el hecho de que en estas ciudades el riesgo de demanda insuficiente y el riesgo de una tarifa carga máxima potencial insuficiente, será considerablemente superior respecto a las ciudades con alta densidad población, se resalta la necesidad de proponer un modelo de negocio distinto al privado, al menos en las primeras etapas de evolución del mercado, ya que el sector privado no tendría incentivos al despliegue de la infraestructura pública en estas ciudades.

Es por ello que, para aquellas (3) ciudades que dispongan de redes eléctricas adecuadas, **se propone un modelo de negocio público como una opción viable**. Esta elección se fundamenta en la consideración de que estas zonas pueden carecer de atractivo comercial para el sector privado, pero tienen una gran importancia estratégica a nivel nacional/regional o local. Además, al disponer de redes eléctricas adecuadas al despliegue de infraestructura de carga pública, **se espera que los sobrecostos eléctricos sean menores, lo que requeriría una menor intensidad de esfuerzo público**. En consecuencia, bajo un enfoque de modelo de negocio público se impulsarán estos proyectos, contribuyendo al desarrollo y expansión de la infraestructura de carga pública en áreas que, aunque puedan presentar desafíos comerciales, son fundamentales para el despliegue a gran escala de la movilidad eléctrica en el territorio de Colombia.

Por otro lado, para aquellas (4) ciudades que no dispongan de redes eléctricas adecuadas y por tanto, requieran de inversiones significativas, **se propone un modelo de negocio ESP**. La elección de este modelo se propone considerando que en estas zonas, el sector público necesitará realizar un esfuerzo económico más considerable frente a otras ubicaciones y, el sector privado se enfrenta no solo a los riesgos previamente señalados, sino también con una significativa incertidumbre en relación con el volumen de demanda esperado para la recarga de vehículos eléctricos.

Por último, tal y como se ha introducido en el apartado “2. Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades” de este documento, **el modelo de negocio de Comunidad Energética, también puede ser una opción viable para las 4 situaciones que podrían darse en el caso de los Departamentos y Ciudades Intermedias, al poder implementarse prácticamente en todo el territorio nacional**. Las comunidades energéticas proporcionan a los ciudadanos el acceso a recursos locales de energía renovable y otros servicios energéticos o de movilidad, como ocurre en el caso que se propone en este documento, de incluir infraestructura de carga de acceso público en la comunidad energética. Aplicar el modelo de negocio de comunidad energética en estas zonas estratégicas, puede suponer un **mayor aprovechamiento de la infraestructura de carga que sea promovida por la Comunidad energética, maximizando de este modo su uso e incrementando la rentabilidad del proyecto, minimizando de este modo los riesgos asociados a una posible demanda insuficiente**. Del mismo modo, los beneficios económicos que se obtengan del uso de la infraestructura de carga por los usuarios que no sean miembros de la Comunidad, pueden destinarse a **cubrir los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas, al ahorro económico de dichos miembros, así como al desarrollo social del entorno, reduciendo de este modo los riesgos y promoviendo de este modo el atractivo para desarrollar esta tipología de proyectos**.

Adicionalmente en estas zonas estratégicas, se plantea la necesidad de **analizar la tipología de infraestructura de carga**, si la recarga eléctrica en las ciudades intermedias debe buscar ser parecida a las estaciones de servicio, con altas potencias de carga o si debe aprovechar los largos períodos en los que los vehículos están estacionados en aparcamientos públicos, clústeres comerciales, zonas de trabajo, etc. En este segundo enfoque, podrían utilizarse las zonas de estacionamiento y aparcamientos, adaptando la recarga a la capacidad de las redes para realizar cargas a muy baja potencia y durante períodos prolongados. Esta estrategia se buscaría maximizar la carga durante las horas de sol para garantizar la simultaneidad de la recarga y, por ende, el uso de energía renovable.

Se considera que estos dos extremos deberían coexistir, porque ambas soluciones son compatibles y necesarias en las ciudades intermedias. Sin embargo, la determinación de la proporción de cada enfoque debe ser el resultado de una planificación indicativa, ya que ello permitiría anticipar y planificar los refuerzos necesarios en la red eléctrica.

Con base en lo anterior, en función de la tipología de infraestructura que se promueva en las ciudades intermedias, los riesgos asociados serán diferentes, estableciendo mayores riesgos en caso de implementar infraestructura de carga rápida pública al suponer mayores riesgos asociados al costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico, así como, sobre costos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas.

En este sentido y, entendiendo que **el modelo de negocio de Comunidad Energética podría ser adecuado a la instalación tanto de infraestructura pública de carga rápida o lenta, dependiendo de la ubicación del proyecto y del uso que se quiera dar a la infraestructura**, para aquellos casos que no sea viable el modelo de comunidad energética, **el modelo de negocio ESP podría ofrecer una solución viable, para aquellos proyectos ubicados en ciudades intermedias con inversiones significativas, especialmente asociadas a la infraestructura eléctrica, como pueden ser aquellos proyectos que impliquen la instalación de cargadores rápidos o aquellos proyectos ubicados en zonas con un estado no adecuado de las redes eléctricas.**

En contraste, al implementar infraestructura de carga pública lenta en las ciudades intermedias, lo que conlleva una reducción de los riesgos asociados al despliegue, se ha planteado el modelo de negocio público como una opción viable.

Propuesta de Apoyo Público

En consecuencia, el despliegue de infraestructura de carga pública en las ciudades intermedias de Colombia **requiere un apoyo público sustancial** debido al escaso desarrollo del ecosistema de movilidad eléctrica.

La determinación de la intensidad de este apoyo público dependerá de diversos factores, incluyendo el potencial de demanda que pueda existir en la ciudad, el agente responsable de la inversión, el estado de las redes eléctricas, los costos asociados a las tarifas de suministro eléctrico que disponga cada ciudad y la disponibilidad de otros incentivos económicos y financieros. **La evaluación detallada de estos elementos permitirá diseñar un respaldo público adaptado a las necesidades específicas de cada ubicación, garantizando una colaboración efectiva entre los sectores público y privado.**

Dada las diferentes casuísticas que pueden existir entre las ciudades intermedias, se propone la intensidad de apoyo público pueda diferir entre las ubicaciones, entre los **niveles bajo, moderado y alto**. Por ejemplo con base en el potencial de demanda: proporcionar un apoyo público bajo en aquellas ciudades con alta densidad de población y un índice de pobreza multidimensional bajo. Y por otro lado, en aquellas con alta densidad de población y un índice de pobreza multidimensional medio o alto, proporcionar un apoyo público moderado. Por último, es posible que en aquellas ciudades que disponen de una densidad de población media o baja y un estado adecuado de redes eléctricas, quiera impulsarse el desarrollo de infraestructura de carga con modelos de negocio privados. En ese caso, se propone que la intensidad de apoyo público sobre estas ciudades se intensifique a un modelo alto, con objeto de mitigar los riesgos a los que se enfrentan los promotores privados.

Del mismo modo que se ha propuesto en el caso de los Departamentos prioritarios y Ciudades principales, en caso de proyectos que implementen infraestructura de carga de acceso público bajo el modelo de negocio de Comunidad energética y **dado el componente estratégico y social que este modelo de negocio supone para Colombia** y que se describe en el “Artículo 2.2.9.1.2. *Naturaleza jurídica y objetivos de las Comunidades Energéticas*” del Decreto 2236 de 2023, **se propone que el respaldo público previsto para los proyectos que se desarrollen bajo este modelo de negocio, incremente su intensidad en comparación con otros modelos de negocio. Este aumento en el apoyo público tiene como objetivo fomentar la adopción de las Comunidades energéticas en Colombia, promoviendo así la generación descentralizada de energía renovable y fortalecer la**

infraestructura de carga para la movilidad eléctrica, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico de Colombia.

Por último, para aquellas ciudades intermedias cuyo modelo de negocio propuesto se basa en modelo ESP, el apoyo público se podría proporcionar bajo un mecanismo de rentabilidad garantizada⁶⁵. Este modelo ofrecería a los promotores la garantía de obtener rentabilidad, independientemente del escenario de adopción de vehículos eléctricos en Colombia. La brecha entre los ingresos reales y los necesarios para asegurar la rentabilidad financiera de los proyectos podría ser respaldada mediante el Presupuesto General de la Nación (PGN), utilizando posiblemente fondos destinados a la promoción de la movilidad eléctrica y la transición hacia una economía más sostenible. Es decir, **al tratarse de inversiones alineadas con políticas públicas, se emplearían asignaciones presupuestarias específicas para la movilidad eléctrica dentro del contexto colombiano, evitando impactos en el sistema de formación de precios de la electricidad para los consumidores en general**. En este modelo, **la evolución del mercado posibilitaría reducir progresivamente el presupuesto destinado al modelo ESP**, a medida que se optimiza la implementación de la infraestructura de carga pública y el despliegue de vehículos eléctricos.

⁶⁵ La actividad de transmisión y distribución eléctrica en Colombia es una actividad regulada. La Resolución 7/2020 de la CREG fijó una tasa de retorno garantizada para ingreso máximo equivalente a 11,64% en 2020; 11,50% en 2021 y 11,36% para 2022 en adelante.



ZONAS DE BAJA DENSIDAD POBLACIONAL (ZBDP)



Se han identificado las zonas de baja densidad poblacional clasificadas en tres categorías: (1) ZBDP Conectada; (2) ZBDP con conexión vial reducida y no pertenecen al ZNI y; (3) ZBDP no conectada (con conexión deficitaria).

Evaluación de los riesgos potenciales

Se presenta a continuación una evaluación de los riesgos con un impacto potencialmente significativo a la hora de desarrollar la infraestructura de carga pública en las ZBDP:

✓ Impacto directo	⚠ Impacto indirecto	● ● ● Se indica de menor a mayor grado de riesgo	INVERSIÓN FINANCIACIÓN	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN	OPERACIÓN	INGRESOS
⚡	Tarifa carga máxima potencial insuficiente		⚠			✓
📉	Demanda insuficiente		⚠			✓
\$	Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico		⚠		✓	
⚡	Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas		⚠	✓		
🎯	Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas		⚠	✓		⚠
📋	Falta de financiación especializada		✓			

- **Tarifa carga máxima potencial** insuficiente. Este riesgo tiene una alta relevancia en las ZBDP identificadas en Colombia. Estas áreas no solo presentan un elevado índice de pobreza multidimensional, sino que también coinciden con lugares donde el ecosistema asociado a la movilidad eléctrica aún no se ha desarrollado especialmente. En estas circunstancias, puede existir la preocupación de que la tarifa asociada la carga de vehículos eléctricos que está dispuesto a pagar el usuario en esta tipología de zonas sea menor a la requerida en el Proyecto y, por tanto, que los ingresos generados por los usuarios puedan ser inferiores a lo previsto en el plan de negocios, lo que podría dificultar la recuperación de costos y la obtención de una rentabilidad razonable del proyecto.
- **Demanda insuficiente.** Las ZBDP de Colombia se distinguen por presentar tanto un índice de pobreza multidimensional elevado como una presencia desfavorable del ecosistema de la Movilidad Eléctrica. Además, estas zonas se caracterizan por una baja densidad de población. Esta combinación de factores contribuye significativamente a un riesgo sustancial asociado con la posibilidad de una demanda insuficiente en la infraestructura de carga pública.

- Variación en el **costo de las tarifas** asociadas al **suministro eléctrico**. En las ZBDP identificadas en Colombia generalmente carecen de índices elevados de calidad de la red eléctrica, lo que puede resultar en un suministro con interrupciones frecuentes y prolongadas. La deficiencia en la calidad del suministro, combinada con las dificultades inherentes a proporcionar electricidad en estas zonas, suele traducirse en tarifas eléctricas más altas. Además, dado que en las zonas rurales se instalaría una infraestructura de carga lenta con menor potencia, generalmente será necesario contar con una tarifa regulada de suministro eléctrico para el proyecto. Esto introduce un riesgo adicional, especialmente en el caso de posibles modificaciones en las tarifas eléctricas reguladas.
- **Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas** preparadas. En las ZBDP generalmente las redes eléctricas están más dispersas y con ello, los puntos de acceso a la red de distribución a los que se conectaría la infraestructura de carga. En consecuencia, los proyectos que se realicen en estas zonas generalmente requerirán una inversión significativamente mayor en obras civiles y eléctricas para poder conectar la infraestructura. Este posible aumento en la inversión, a su vez, resultará en un sobre costo sustancial para el proyecto.
- **Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas**. En comparación con entornos urbanos, las ubicaciones identificadas en Colombia como ZBDP tienden a tener menos competencia por espacios, lo que facilita la identificación y obtención de ubicaciones adecuadas para la instalación de infraestructura de carga pública. Adicionalmente, las ZBDP suelen tener una menor complejidad administrativa y burocrática en comparación con entornos urbanos densamente poblados o en las vías nacionales. Esto puede agilizar los procesos de adquisición de terrenos y obtención de permisos necesarios para la instalación de estaciones de carga.
- **Falta de financiación especializada**. Las estaciones de carga lenta, comunes en ZBDP, tienden a requerir menos inversión inicial (CAPEX) en comparación con las estaciones de carga rápida. Esto reduce la necesidad de grandes sumas de financiamiento, disminuyendo el riesgo de acceder a la financiación necesaria para los proyectos. Dado que los proyectos de carga lenta implican costos financieros más bajos, hay una menor dependencia de entidades financieras especializadas. Esto disminuye la vulnerabilidad ante la ausencia de financiación especializada, ya que la financiación convencional puede ser más accesible.

Propuesta de Modelo de negocio

Dado este contexto y, para aquellas ubicaciones de Colombia categorizadas como **ZBDP no conectada con conexión deficitaria**⁶⁶, se propone definir por el momento estas zonas con una **“Baja prioridad para el desarrollo de infraestructura de carga pública”** al existir riesgos significativos asociados al despliegue de infraestructura

de carga. Esto se fundamenta principalmente en la falta de servicio público de electricidad proveniente de la red nacional colombiana en estas zonas (que pertenecen al ZNI), donde la matriz de generación se basa principalmente en combustibles convencionales. Adicionalmente, la ausencia de carreteras que formen parte de la red vial primaria de Colombia contribuye a la no priorización de estas zonas para considerarlas dentro del alcance inicial del despliegue de la infraestructura de carga pública en Colombia.

⁶⁶ Zonas con conexión vial deficitaria y pertenecen al sistema ZNI de Colombia.

Por otro lado, para aquellas zonas categorizadas como **ZBDP con conexión vial reducida que no pertenecen al ZNI**, el **modelo de negocio concesional establecido en las vías secundarias de Colombia podría ofrecer una solución viable**. Esta propuesta se basa en la consideración de que estas zonas presentan riesgos significativos, como la insuficiente de la tarifa de carga máxima potencial al tratarse de zonas con alto índice de pobreza multidimensional, un riesgo de demanda elevado al tratarse de zonas con baja densidad de población y con un ecosistema de movilidad eléctrica por desarrollar y posiblemente elevados costos de las tarifas asociadas al suministro eléctrico debido a una calidad inadecuada de las redes eléctricas.

En consecuencia, en estas zonas el sector privado se enfrentaría a múltiples **riesgos que limitan el interés comercial en el desarrollo de la infraestructura de carga pública**. Con el objetivo de fomentar un despliegue a gran escala en Colombia, se propone la implementación de un modelo de negocio concesional en las vías secundarias que conectan estas zonas con el resto del territorio colombiano. La tipología de modelo concesional dependerá del interés del sector privado. Este enfoque concesional habilitará el despliegue de la infraestructura de carga pública al reducir los riesgos para el sector privado, distribuyendo las responsabilidades entre los agentes involucrados.

Por último, para aquellas **zonas categorizadas como ZBDP conectadas la elección del modelo de negocio debería considerar tanto la tipología de infraestructura a desarrollar en dichas áreas, así como los riesgos derivados de las mismas**. En este contexto, se plantea la necesidad de analizar si la recarga eléctrica debe buscar ser parecida a las gasolineras de estas ZBDP conectadas, con altas potencias de carga o si debe aprovechar los largos períodos en los que los vehículos están estacionados en aparcamientos públicos, clústeres comerciales, zonas de trabajo, etc. En este segundo enfoque, podrían utilizarse las zonas de estacionamiento y aparcamientos, **adaptando la recarga a la capacidad de las redes para realizar cargas a muy baja potencia y durante períodos prolongados**. Esta estrategia se buscaría maximizar la carga durante las horas de sol para garantizar la simultaneidad de la recarga y, por ende, el **uso de energía renovable**.

Se considera que estos **dos extremos deberían coexistir**, porque ambas soluciones son compatibles y necesarias en las ZBDP conectadas. Sin embargo, **la determinación de la proporción de cada enfoque debe ser el resultado de una planificación indicativa, ya que ello permitiría anticipar y planificar los refuerzos necesarios en la red eléctrica**.

Con base en lo anterior, en función de la tipología de infraestructura que se promueva en las ZBDP conectadas, los riesgos asociados serán diferentes, **estableciendo mayores riesgos en caso de implementar infraestructura de carga rápida pública** al suponer mayores riesgos asociados al costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico, así como, sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas.

En este sentido, **el modelo de negocio ESP podría ofrecer una solución viable**, para aquellos proyectos ubicados en ZBDP conectadas **con inversiones significativas**, especialmente asociadas a la infraestructura eléctrica, como pueden ser aquellos proyectos que impliquen la instalación de cargadores rápidos o aquellos proyectos ubicados en zonas lejanas al punto de conexión adecuado con el ESP. **La elección de este modelo se propone considerando que en estas zonas, el sector privado se enfrenta no solo a los riesgos previamente señalados, sino también con una significativa incertidumbre en relación con el volumen de demanda esperado para la recarga de vehículos eléctricos**.

En contraste, al **implementar infraestructura de carga pública lenta en las ZBDP conectadas**, lo que conlleva una reducción de los riesgos asociados al despliegue, **se plantea los modelos de negocio público y el modelo de comunidad energética como opciones viables**. Esta elección se fundamenta en la consideración de que estas **zonas pueden carecer de atractivo comercial para el sector privado, pero tienen una gran importancia estratégica a nivel nacional/regional o local**. Además, al promover la infraestructura de carga lenta, se espera que los sobrecostos eléctricos sean menores, lo que requeriría una menor intensidad de apoyo público.

En consecuencia, **bajo un enfoque de modelo de negocio público o de comunidad energética se impulsarán estos proyectos, contribuyendo al desarrollo y expansión de la infraestructura de carga pública en áreas que, aunque puedan presentar desafíos comerciales, son fundamentales para el despliegue a gran escala de la movilidad eléctrica en el territorio de Colombia.**

Propuesta de Apoyo Público

En el caso de las **ZBDP con conexión vial reducida que no pertenecen al ZNI** cuyo modelo de negocio propuesto se basa en un modelo concesional establecido en las vías secundarias de Colombia, **se contempla la posibilidad de proporcionar apoyo público⁶⁷**.

Para dichas zonas, la determinación de la intensidad de este apoyo público dependerá de diversos factores, incluyendo la demanda esperada en la vía nacional secundaria seleccionada para el proyecto, el agente responsable que realice la inversión, estado de las redes eléctricas y la disponibilidad de otros incentivos económicos y financieros, entre otros. La **evaluación de estos elementos permitirá diseñar un respaldo público adaptado a las necesidades específicas de cada ubicación**.

Por otro lado, para aquellas **zonas categorizadas como ZBDP conectadas cuyo modelo de negocio propuesto se basa en modelo ESP**, el apoyo público se podría proporcionar bajo un mecanismo de **rentabilidad garantizada⁶⁸**. Este modelo ofrecería a los promotores la garantía de obtener rentabilidad, independientemente del escenario de adopción de vehículos eléctricos en Colombia. La brecha entre los ingresos reales y los necesarios para asegurar la rentabilidad financiera de los proyectos podría ser respaldada mediante el Presupuesto General de la Nación (PGN), utilizando posiblemente fondos destinados a la promoción de la movilidad eléctrica y la transición hacia una economía más sostenible. Es decir, **al tratarse de inversiones alineadas con políticas públicas, se emplearían asignaciones presupuestarias específicas para la movilidad eléctrica dentro del contexto colombiano, evitando impactos en el sistema de formación de precios de la electricidad para los consumidores en general**. En este modelo, la evolución del mercado posibilitaría **reducir progresivamente el presupuesto destinado al modelo ESP**, a medida que se optimiza la implementación de la infraestructura de carga pública y el despliegue de vehículos eléctricos.

Por último, para aquellas zonas categorizadas como ZBDP conectadas con un modelo público o un modelo de comunidad energética, se contempla también la posibilidad de proporcionar apoyo público con objeto de mitigar los riesgos. **La determinación de la intensidad de este apoyo público dependerá de diversos factores,**

⁶⁷ En el Entregable 1: "Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico" se identificaron los incentivos públicos, así como su impacto para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.

⁶⁸ La actividad de transmisión y distribución eléctrica en Colombia es una actividad regulada. La Resolución 7/2020 de la CREG fijó una tasa de retorno garantizada para ingreso máximo equivalente a 11,64% en 2020; 11,50% en 2021 y 11,36% para 2022 en adelante.

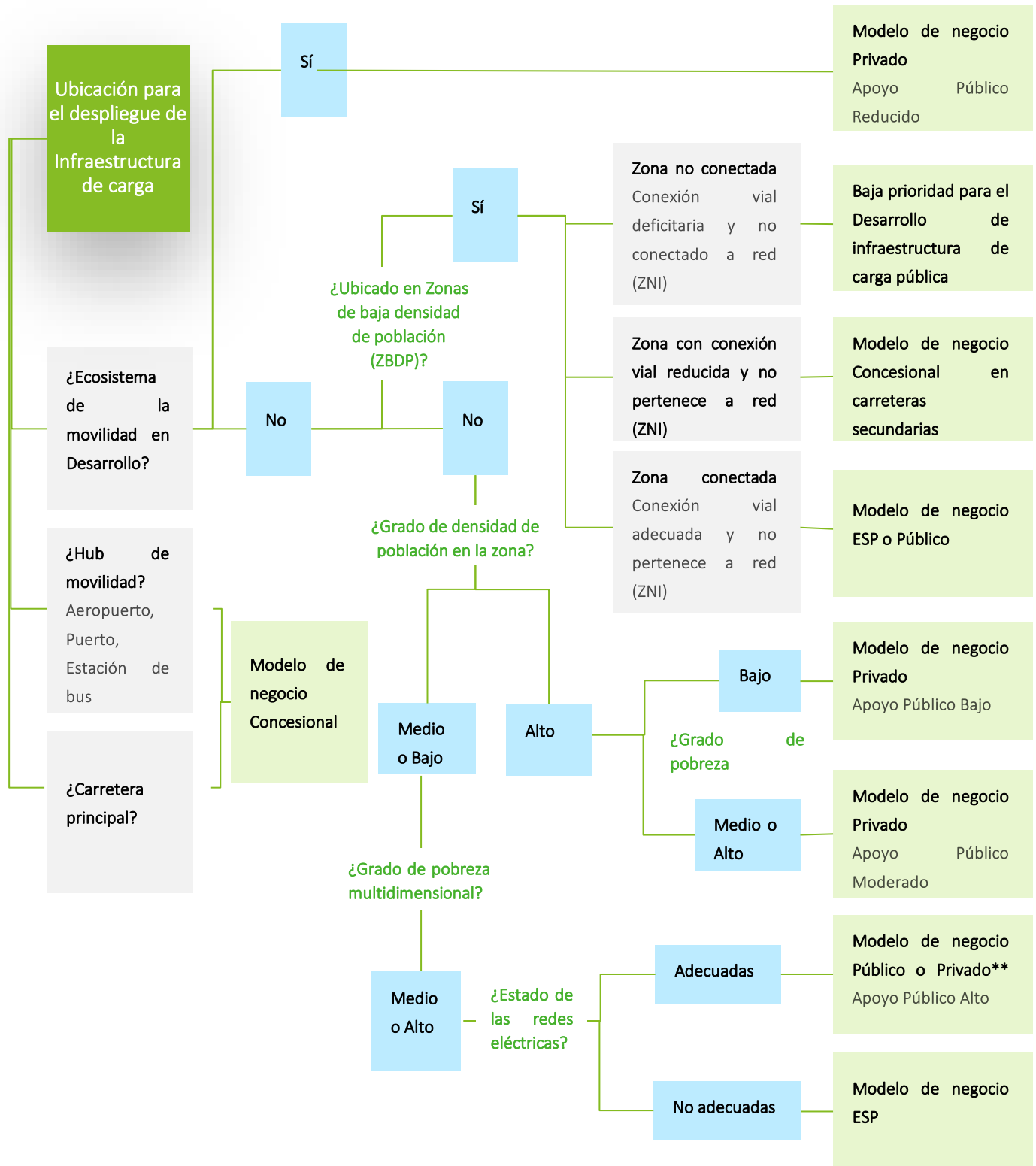
incluyendo el agente responsable que realice la inversión, el estado de las redes eléctricas, el costo asociado a las tarifas de suministro eléctrico y la disponibilidad de otros incentivos económicos y financieros, entre otros. La evaluación de estos elementos permitirá diseñar un respaldo público adaptado a las necesidades específicas de cada ubicación. En consecuencia, el respaldo público previsto para estas zonas estratégicas se caracterizaría por una alta intensidad en comparación con otras ubicaciones.

3.2.5 Diagrama de flujo de decisiones

La toma de decisiones estratégicas para el despliegue efectivo de la infraestructura de carga en Colombia requiere una evaluación integral de diversos factores. Se ha elaborado un diagrama de flujo de decisiones que surge de la **identificación y evaluación de riesgos, la caracterización detallada de las zonas estratégicas colombianas y la propuesta de modelos de negocio específicos para mitigar los riesgos identificados**. Este diagrama no solo facilitará la selección de modelos de negocio adaptados a cada zona estratégica, sino que también será instrumental para identificar las particularidades de las Ciudades Principales, Intermedias y Departamentos de Colombia. De este modo, **se proporciona una guía visual para orientar estratégicamente la implementación de la infraestructura de carga pública en Colombia**, considerando las distintas características y necesidades de cada región del país.

En el diagrama de flujo de decisiones que se incluye a continuación, se proponen uno o dos modelos de negocio específicos para cada casuística que puede darse en las zonas estratégicas de Colombia. **El modelo de negocio de Comunidades Energéticas**, sin embargo, **no se menciona de manera específica debido a su aplicación prevista en prácticamente todas las zonas estratégicas de Colombia**, con la excepción de los hubs de movilidad. Esta omisión tiene como objetivo simplificar el diagrama, dado que el modelo de Comunidades Energéticas es considerado como una opción generalmente aplicable en todo el territorio nacional de Colombia.

Figura 23: Diagrama de flujo de decisiones para la orientación de modelos de negocio en torno a la infraestructura de carga en Colombia



Fuente: Elaboración propia⁶⁹

Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia

En el contexto de potenciar el despliegue de la infraestructura de carga pública en Colombia, surge la necesidad de analizar y planificar dicho despliegue. Este apartado aborda la "Aproximación a los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga en Colombia", destacando dos aspectos fundamentales.

En primer lugar, se ha llevado a cabo una identificación de las zonas estratégicas en el territorio colombiano. Este análisis no solo se centra en **determinar potenciales ubicaciones** para la infraestructura de carga pública, sino que también distingue entre los **tipos de carga** más adecuados para cada ubicación, clasificando la infraestructura en rápida y lenta. Asimismo, se **ha identificado la inversión inicial potencial necesaria**, considerando la tipología de infraestructura y criterios específicos de la región, **así como el incremento en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional debido al mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país.**

En segundo lugar, los resultados de este análisis se utilizan como base para **identificar los modelos de negocio más apropiados para cada zona estratégica del país.** Este enfoque se nutre de una profunda consideración de las particularidades de cada zona y de la **evaluación de riesgos** que surgen en las distintas etapas de la cadena de valor y **que afectan directamente a los actores que quieren participar en el mercado de la infraestructura de carga pública.** Riesgos que se han tenido en cuenta para caracterizar las áreas estratégicas de Colombia como la tarifa máxima potencial insuficiente, dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas, demanda insuficiente, variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico, los sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas o la falta de financiación especializada.

En tercer lugar, las diferentes propuestas de modelos de negocio para cada zona estratégica se han realizado, considerando los riesgos identificados. **La elección final del modelo de negocio para el desarrollo de un proyecto de infraestructura de carga pública dependerá del apetito del sector privado, influenciado directamente por la evaluación de los riesgos existentes.** Como resultado, se anticipa que, **dada la incipiente etapa de desarrollo de la infraestructura de carga pública, coexistirán diversos modelos de negocio en función de la zona estratégica y las condiciones particulares de cada proyecto.**

En este sentido y ante los riesgos potenciales identificados, **el apoyo público se revela como un factor crucial en el proceso de despliegue y se propone que aquellas zonas estratégicas con mayores riesgos potenciales se podrían beneficiar de un respaldo público más significativo, contribuyendo así al avance a nivel nacional de la infraestructura de carga en Colombia.**

Con objeto de cuantificar el despliegue nacional de la infraestructura de carga pública, así como de la intensidad del apoyo público necesario se ha elaborado este apartado con la siguiente estructura:

- El apartado llamado *"1. Propuesta para el despliegue en Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP"*, incluye los resultados **A Nivel de Ciudades – Departamentos**, diferenciando entre las Zonas de Baja Densidad Poblacional (ZBDP) y **No- ZBDP** (considerando a todos los Departamentos de Colombia y las Ciudades principales e intermedias).

^{69 **} Se contempla que a las zonas turísticas que cumplan estas condiciones, se proporcione un apoyo público moderado y no Alto como corresponde a esta categoría, debido a que los riesgos asociados a la demanda o una tarifa máxima potencial suficiente son menores.

- Por el contrario, el apartado llamado “2. Propuesta para el despliegue en la red vial nacional y Hubs de movilidad” incluye los resultados **A nivel nacional**, diferenciando entre la **red vial nacional y Hubs de movilidad**.
- Y finalmente, el apartado llamado “3. Principales conclusiones sobre los recursos necesarios para el despliegue de la infraestructura de carga” incluye los **resultados agregados del despliegue** de infraestructura de carga pública en Colombia.

Ambos apartados siguen la misma estructura, que se define a continuación:

En un primer apartado, se proporciona un **Resumen de la Propuesta de modelo de negocio**. En este apartado se realiza un resumen de los principales aspectos obtenidos en apartados anteriores con objeto de identificar para cada zona estratégica los insumos necesarios para realizar una aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública, así como del apoyo público necesario para impulsar el despliegue en dichas zonas. **En este sentido, el resumen se realiza en base a los resultados de los siguientes apartados de este documento:**

Resultados obtenidos que servirán de insumos para este apartado	Identificación del apartado de este documento
Identificación de las zonas estratégicas de Colombia, así como de la tipología de infraestructura de carga predominante en cada zona	 3.1.1 Identificación de zonas estratégicas de Colombia
	 3.1.2 Tipologías de infraestructura de carga en función de la ubicación
Identificación de los modelos de negocio óptimos para cada zona estratégica, así como la intensidad del apoyo público necesario, en base a la caracterización de las zonas estratégicas y la identificación y evaluación de los riesgos potenciales al despliegue de infraestructura en dichas zonas estratégicas	 3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia

En el segundo apartado, se proporciona una **Aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública**. En este apartado se realiza el cálculo de la infraestructura de carga pública necesaria, así como la distribución entre las tipologías de carga rápida y lenta para alcanzar un despliegue a gran escala a nivel nacional. **En este sentido, el cálculo se realiza en base al siguiente apartado de este documento:**

Resultados obtenidos que servirán de insumos para este apartado	Identificación del apartado de este documento
Metodología descrita para el cálculo de la infraestructura de carga pública necesaria	 Anexo 2 de este documento y en concreto en el apartado llamado 1. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia y la aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública.

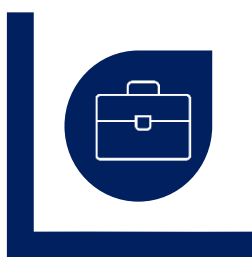
Y en tercer apartado, se proporciona una **Aproximación a las necesidades de apoyo público**. En este apartado se realiza el cálculo de la intensidad de apoyo público que sería necesario aportar para impulsar la

infraestructura de carga pública y alcanzar un despliegue a gran escala a nivel nacional. **En este sentido, el cálculo se realiza en base al siguiente apartado de este documento:**

Resultados obtenidos que servirán de insumos para este apartado	Identificación del apartado de este documento
Identificación del CAPEX asociado a cada tipología de infraestructura de carga	 3.1.3 Inversión potencial necesaria
Cálculo del CAPEX total estimado asociado a la infraestructura de carga pública necesaria	 Anexo 2 de este documento y en concreto en el apartado llamado 1. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia y la aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública.
Identificación de las intensidades de apoyo público necesario en función de la zona estratégica y del modelo de negocio propuesto	 3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia
Metodología descrita para el cálculo del apoyo público necesario para el despliegue de la infraestructura de carga pública en las diferentes zonas estratégicas de Colombia y en función de las intensidades definidas para cada modelo de negocio.	 Anexo 3. Metodología para la aproximación a las necesidades de apoyo público

1. Propuesta para el despliegue en Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP

Resumen de la Propuesta de modelo de negocio



El análisis de riesgos y la caracterización de las zonas estratégicas en Colombia ha destacado la heterogeneidad que existe entre Departamentos y Ciudades ante un despliegue a gran escala de infraestructura de carga pública en Colombia. Los riesgos asociados con una demanda y tarifas potenciales máximas insuficientes son más elevados en las ZBDP en comparación con el resto. Por otro

lado, el riesgo a costos elevados asociados a la tarifa del suministro eléctrico, así como la existencia de sobrecostos para disponer de acceso a redes eléctricas adecuadas al despliegue es un factor que depende de la ubicación donde se instale la infraestructura, teniendo un riesgo mayor en zonas donde los índices de calidad de redes son mayores. Lo anterior ha supuesto, que para cada zona estratégica de Colombia exista un modelo de negocio más adecuado sobre el resto, atendiendo a las características propias de cada ubicación.

Para potenciar la instalación de infraestructura de carga pública en las Ciudades Principales se ha propuesto un modelo de negocio principalmente privado, así como el modelo de negocio de las comunidades energéticas, debido a que son ubicaciones donde ya existe apetito comercial por parte del sector privado. No

obstante, con objeto de incentivar el despliegue será necesario un apoyo público reducido, bajo o moderado en función de los riesgos asociados, e incrementar la intensidad del apoyo público en el caso de que la infraestructura de carga pública que se disponga se realice bajo un modelo de negocio de comunidad energética.

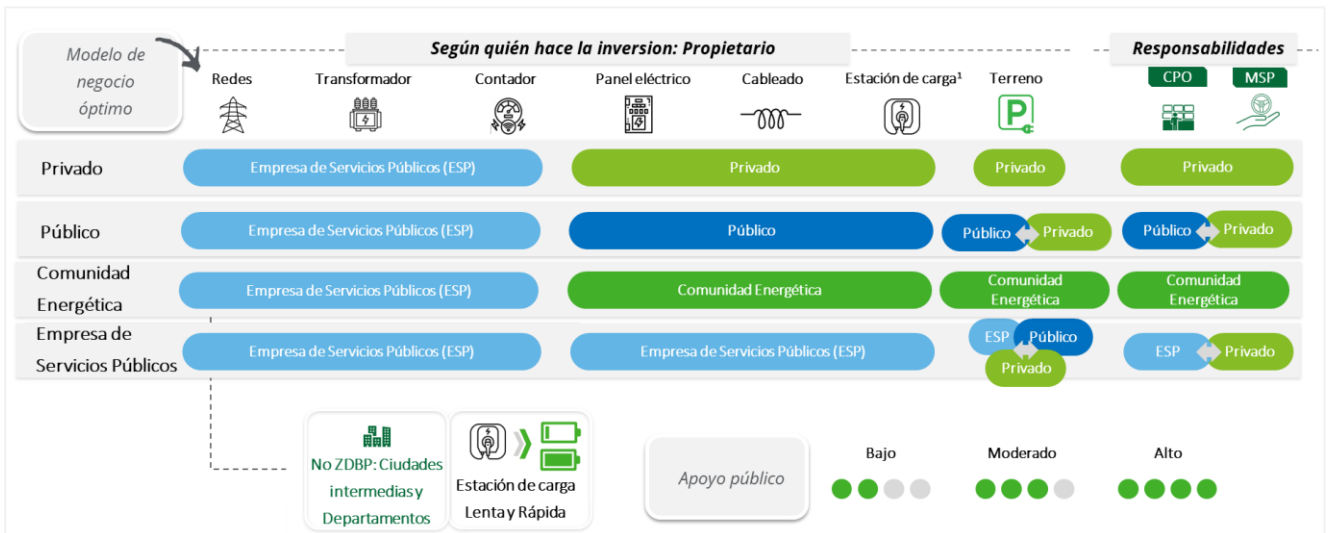
Figura 24: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para Ciudades Principales



Fuente: Elaboración propia

En el caso de las Ciudades Intermedias se han propuesto diferentes modelos de negocio debido a la dispersión entre la caracterización de las zonas. Se ha propuesto así modelos privados, públicos, comunidad energética y de ESP, considerando que el apoyo público será superior en las zonas con mayor riesgo.

Figura 25: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para Ciudades Intermedias

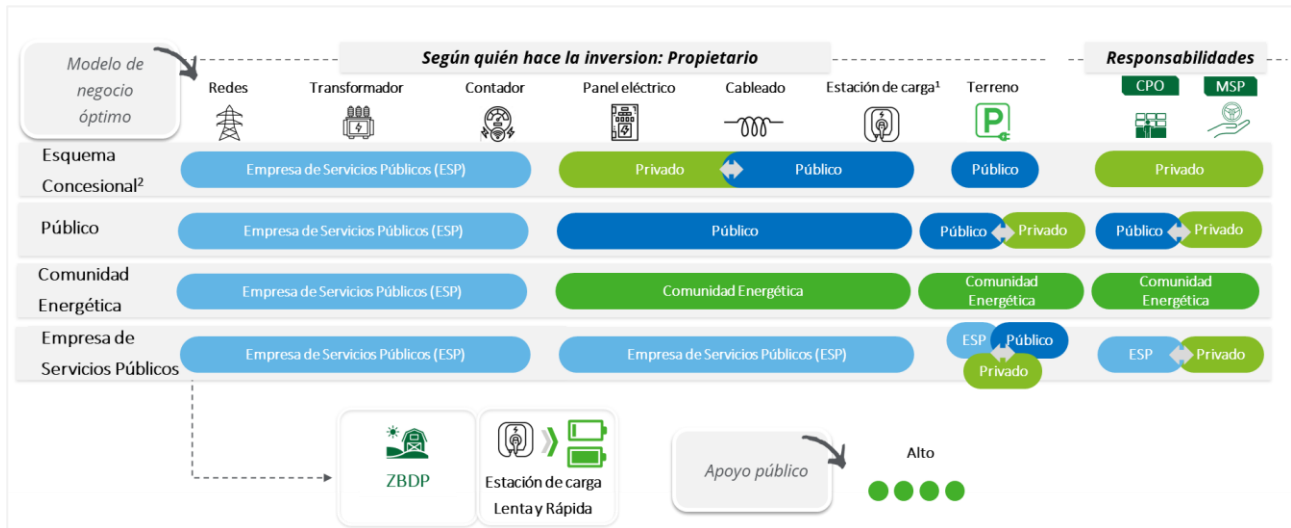


Fuente: Elaboración propia

Y por último, en el caso de las ZDBP en función de la conectividad de la ubicación tanto eléctrica como respecto a la conexión con vías nacionales primarias, se han definido modelos de negocio bajo un esquema concesional, públicos, comunidad energética y de ESP, considerando que aquellas zonas consideradas como no conectadas en el análisis, en las primeras fases de despliegue no serían prioritarias para la instalación de infraestructura

de carga pública. Con objeto de incentivar el despliegue será necesario un apoyo público alto en función de los riesgos asociados, e incrementar la intensidad del apoyo público en el caso de que la infraestructura de carga pública que se disponga se realice bajo un modelo de negocio de comunidad energética.

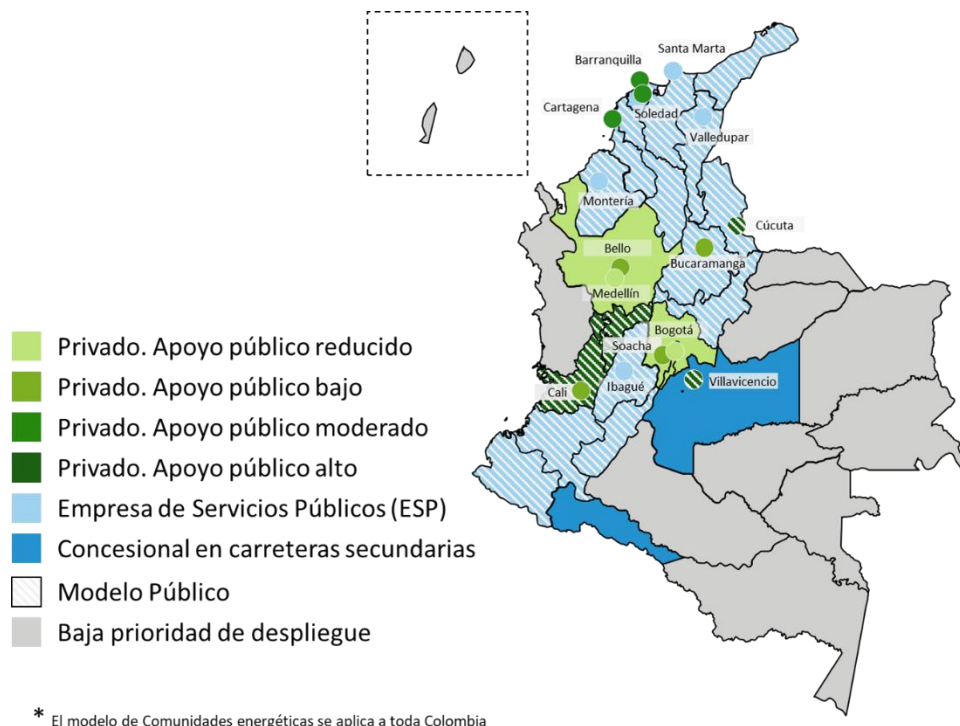
Figura 26: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para ZBDP



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, tras un análisis de la caracterización de las zonas estratégicas de Colombia, donde se han evaluado los riesgos inherentes a cada región, se han **propuesto diferentes modelos de negocio teniendo en cuenta el contexto único de cada área**, abarcando desde las Ciudades Principales hasta las Ciudades Intermedias, pasando por los Departamentos y las Zonas de Desarrollo con Potencial (ZBDP). Para facilitar la comprensión y visualización, se ha elaborado un mapa coroplético que representa los modelos de negocio propuestos para cada una de estas zonas:

Figura 27: Propuesta de modelos de negocio en función de la zona estratégica de Colombia



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, es relevante destacar de la figura anterior que aquellas ciudades y departamentos representadas con colores lisos indican una homogeneidad en el modelo de negocio propuesto en esa área. **Es importante tener en cuenta que el modelo de negocio de comunidad energética podría aplicarse en todas las zonas estratégicas de Colombia.** En este sentido y por proporcionar un ejemplo, en las ciudades de Bello, Bogotá, Bucaramanga, Cali, y Medellín, se ha propuesto principalmente un modelo de negocio privado y la intensidad del apoyo público que se proporcione, variará en función de los riesgos a los que se enfrenten los proyectos de infraestructura de carga pública que se desarrollen en dichas ubicaciones.

Por otro lado, las ciudades y departamentos representados con rayas superpuestas al color liso base destacan la coexistencia de diversos modelos de negocio propuestos en esas áreas. Esto sugiere que en estas zonas estratégicas de Colombia existe una mayor diversidad de enfoques para incentivar el despliegue de infraestructura de carga pública. Por ejemplo, en el caso de Departamentos como Bolívar, Córdoba, Magdalena y Sucre, se han propuesto principalmente los modelos de negocio público, ESP o comunidad energética. La consideración de diferentes modelos de negocio incentivará que se seleccione el modelo más adecuado y sostenible económicamente para cada proyecto de infraestructura de carga pública que se estructure en dichas localizaciones. No obstante lo anterior y como se ha comentado en el apartado de este documento llamado “2. Contexto general. Posibles Modelos de Negocio en función de la propiedad y las responsabilidades”, los modelos de negocio que se proponen a continuación podrían necesitar de modificaciones en la regulación vigente de Colombia para poder aplicarse con objeto de que las responsabilidades que se definen para cada agente en cada modelo de negocio puedan ser aplicadas, como sería el caso del modelo de negocio ESP.

Aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública



En el proceso de determinar la aproximación de infraestructura de carga pública necesaria para el despliegue a gran escala en Colombia, se ha seguido una metodología que se detalla en el Anexo 2 de este documento y en concreto en el apartado llamado “1. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia y la aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública”.

Inicialmente, se ha estimado el parque vehicular total así como, la distribución del parque vehicular entre Ciudades Principales, Intermedias y Departamentos. Para estimar el **número de puntos de carga lenta**, se utilizó la **distribución del parque vehicular como variable proxy**. Por otro lado, se determinaron los **puntos de carga rápida según el modelo de negocio específico para cada zona**, basándose en un estudio exhaustivo de indicadores y riesgos potenciales. La **distribución entre carga rápida y lenta varió según la ubicación de la infraestructura de carga y el modelo de negocio propuesto**. Se sugiere asignar una proporción más alta de puntos de carga rápida en áreas con mayor desarrollo de movilidad eléctrica, densidad de población, menor índice de pobreza y mejor calidad de redes eléctricas.

Este enfoque ha permitido obtener el número de infraestructuras de carga necesarias para cada modelo de negocio en función de los tres escenarios de penetración analizados en el apartado “Estrategia de despliegue de la infraestructura de carga” de este documento. De esta manera el número de puntos de carga se muestra en la siguiente tabla⁷⁰:

Tabla 2: Escenario 1 Aspiracional- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2028. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Cargadores lentos	Cargadores rápidos
Privado. Apoyo público reducido.	6.209	1.096
Privado. Apoyo público bajo.	1.420	158
Privado. Apoyo público moderado.	547	48
Privado. Apoyo público alto.	1.173	62
Público	1.173	49
ESP	4.235	131
Comunidad energética	1.640	88
Concesional en carreteras secundarias.	-	17
Baja prioridad de despliegue.	-	-
N.º de puntos de carga	16.395	1.647
TOTAL	18.042	

Tabla 3: Escenario 2 Conservador- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2030. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Cargadores lentos	Cargadores rápidos
Privado. Apoyo público reducido.	6.310	1.114
Privado. Apoyo público bajo.	1.444	160
Privado. Apoyo público moderado.	556	48

⁷⁰ Los resultados de las tablas a continuación presentadas se obtuvieron del Excel adjunto “E2. Herramienta de cálculo de la inversión necesaria para el despliegue de cargadores” considerando todos los decimales para el cálculo.

Privado. Apoyo público alto.	1.192	63
Público	1.192	50
ESP	4.304	133
Comunidad energética	1.666	89
Concesional en carreteras secundarias.	-	17
Baja prioridad de despliegue.	-	-
N.º de puntos de carga	16.663	1.674
TOTAL	18.336	

Tabla 4: Escenario 3 Intermedio- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2029. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Cargadores lentos	Cargadores rápidos
Privado. Apoyo público reducido.	6.240	1.101
Privado. Apoyo público bajo.	1.427	159
Privado. Apoyo público moderado.	549	48
Privado. Apoyo público alto.	1.179	62
Público	1.179	49
ESP	4.256	132
Comunidad energética	1.648	88
Concesional en carreteras secundarias.	-	17
Baja prioridad de despliegue.	-	-
N.º de puntos de carga	16.478	1.655
TOTAL	18.133	

Aproximación a las necesidades de apoyo público



Con base en la **estimación de la inversión potencial** necesaria (CAPEX) para los cargadores rápidos y lentos identificada en el apartado “3.1.3 Inversión potencial necesaria” de este documento, a la **distribución de dicha inversión** entre el costo asociado al punto de carga y el costo de la obra civil y eléctrica, así como, al **incremento del 45% en el costo total del proyecto en Colombia** en comparación con el contexto internacional derivado

del mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país que se produce en los proyectos de infraestructura de carga rápida, a continuación, se estima para cada escenario de penetración de vehículos eléctricos, el costo de inversión asociado al despliegue de los puntos de carga en las zonas ZBDP y No-ZBDP:

Tabla 5: Escenario 1 Aspiracional- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2028. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Punto de carga	Cargadores lentos			TOTAL	Cargadores rápidos			TOTAL
		Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica			Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica		
Privado. Apoyo público reducido.	6.209.044 USD	0 USD	12.418.088 USD	18.627.132 USD	27.392.841 USD	36.487.264 USD	17.202.704 USD	81.082.808 USD	

Privado. Apoyo público bajo.	1.420.320 USD	0 USD	2.840.640 USD	4.260.960 USD	3.945.333 USD	5.255.183 USD	2.477.669 USD	11.678.185 USD
Privado. Apoyo público moderado.	546.653 USD	0 USD	1.093.306 USD	1.639.959 USD	1.188.376 USD	1.582.917 USD	746.300 USD	3.517.594 USD
Privado. Apoyo público alto.	1.172.599 USD	0 USD	2.345.199 USD	3.517.798 USD	1.542.894 USD	2.055.135 USD	968.937 USD	4.566.966 USD
Público	1.172.599 USD	0 USD	2.345.199 USD	3.517.798 USD	1.221.458 USD	1.626.982 USD	767.075 USD	3.615.515 USD
ESP	4.234.505 USD	0 USD	8.469.010 USD	12.703.515 USD	3.274.102 USD	4.361.104 USD	2.056.136 USD	9.691.341 USD
Comunidad energética	1.639.524 USD	0 USD	3.279.049 USD	4.918.573 USD	2.195.752 USD	2.924.741 USD	1.378.932 USD	6.499.425 USD
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	412.563 USD	549.533 USD	259.089 USD	1.221.185 USD
Baja prioridad de despliegue.	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribución de la inversión	16.395.245 USD	0 USD	32.790.490 USD	49.185.735 USD	41.173.317 USD	54.842.859 USD	25.856.843 USD	121.873.019 USD
TOTAL	171.058.754 USD							

Tabla 6: Escenario 2 Conservador - Aproximación de la inversión necesaria para el año 2030. (ZBDP y No-ZBDP)

Cargadores lentos					Cargadores rápidos			
Modelo	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL
Privado. Apoyo público reducido.	6.310.403 USD	0 USD	12.620.807 USD	18.931.210 USD	27.840.015 USD	37.082.900 USD	17.483.529 USD	82.406.444 USD
Privado. Apoyo público bajo.	1.443.506 USD	0 USD	2.887.012 USD	4.330.517 USD	4.009.738 USD	5.340.972 USD	2.518.116 USD	11.868.826 USD
Privado. Apoyo público moderado.	555.577 USD	0 USD	1.111.154 USD	1.666.731 USD	1.207.776 USD	1.608.758 USD	758.483 USD	3.575.017 USD
Privado. Apoyo público alto.	1.191.741 USD	0 USD	2.383.483 USD	3.575.224 USD	1.568.081 USD	2.088.684 USD	984.755 USD	4.641.519 USD
Público	1.191.741 USD	0 USD	2.383.483 USD	3.575.224 USD	1.241.397 USD	1.653.541 USD	779.598 USD	3.674.536 USD
ESP	4.303.631 USD	0 USD	8.607.262 USD	12.910.893 USD	3.327.550 USD	4.432.296 USD	2.089.701 USD	9.849.547 USD
Comunidad energética	1.666.289 USD	0 USD	3.332.578 USD	4.998.867 USD	2.230.968 USD	2.971.649 USD	1.401.048 USD	6.603.665 USD
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	412.563 USD	549.533 USD	259.089 USD	1.221.185 USD
Baja prioridad de despliegue.	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribución de la inversión	16.662.889 USD	0 USD	33.325.778 USD	49.988.667 USD	41.838.087 USD	55.728.333 USD	26.274.319 USD	123.840.739 USD
TOTAL				173.829.406 USD				

Tabla 7: Escenario 3 Intermedio- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2029. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Cargadores lentos				Cargadores rápidos			
	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL
Privado. Apoyo público reducido.	6.240.297 USD	0 USD	12.480.594 USD	18.720.891 USD	27.530.722 USD	36.670.922 USD	17.289.293 USD	81.490.937 USD
Privado. Apoyo público bajo.	1.427.469 USD	0 USD	2.854.938 USD	4.282.407 USD	3.965.192 USD	5.281.635 USD	2.490.140 USD	11.736.967 USD
Privado. Apoyo público moderado.	549.405 USD	0 USD	1.098.809 USD	1.648.214 USD	1.194.358 USD	1.590.885 USD	750.057 USD	3.535.300 USD
Privado. Apoyo público alto.	1.178.502 USD	0 USD	2.357.003 USD	3.535.505 USD	1.550.660 USD	2.065.479 USD	973.814 USD	4.589.954 USD
Público	1.178.502 USD	0 USD	2.357.003 USD	3.535.505 USD	1.227.606 USD	1.635.171 USD	770.936 USD	3.633.713 USD
ESP	4.255.819 USD	0 USD	8.511.639 USD	12.767.458 USD	3.290.582 USD	4.383.055 USD	2.066.485 USD	9.740.122 USD
Comunidad energética	1.647.777 USD	0 USD	3.295.554 USD	4.943.331 USD	2.206.610 USD	2.939.205 USD	1.385.751 USD	6.531.566 USD
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	412.563 USD	549.533 USD	259.089 USD	1.221.185 USD
Baja prioridad de despliegue.	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribución de la inversión	16.477.770 USD	0 USD	32.955.540 USD	49.433.311 USD	41.378.292 USD	55.115.885 USD	25.985.567 USD	122.479.745 USD
TOTAL				171.913.055 USD				

Con base en la metodología descrita en el Anexo 3 de este documento llamado “Metodología para la aproximación a las necesidades de apoyo público”, este apartado se centra en proponer una estrategia de apoyo público de diversas intensidades, diseñada para impulsar el despliegue a gran escala de infraestructura de carga pública en Colombia.

El análisis presentado en el apartado "3.1.3 Inversión potencial necesaria" revela que una de las barreras significativas para la participación del sector privado en el despliegue de infraestructura de carga pública radica en el CAPEX inicial asociado a los proyectos. Problemática que se acentúa en el caso de la infraestructura de carga rápida y en particular debido a sobrecosto en la obra civil y eléctrica que es necesaria realizar para adecuar las redes eléctricas a la instalación de la infraestructura de carga rápida. En dicho apartado, se estima que el 71,43% del costo asociado a la obra civil y eléctrica para la instalación de infraestructura de carga rápida pública en Colombia corresponde a un sobrecosto en comparación que el costo internacional de referencia⁷¹.

Frente a este desafío, y con el objetivo de viabilizar el despliegue necesario de infraestructura de carga pública, así como de mitigar los riesgos para cada modelo de negocio identificados en el apartado de este documento llamado “3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia”, se proponen diferentes intensidades de apoyo público, adaptándose tanto a la tipología de la infraestructura de carga como al modelo de negocio definido. Del mismo modo, se ha propuesto incrementar la intensidad del apoyo público en el caso de que la

⁷¹ A efectos del análisis realizado en este documento, dicho sobrecosto se identifica exclusivamente para la instalación de infraestructura de carga rápida en Colombia.

infraestructura de carga pública que se disponga se realice bajo un modelo de negocio de comunidad energética.

Este enfoque integral busca superar las barreras económicas que obstaculizan la inversión privada, especialmente en el ámbito de la infraestructura de carga rápida, así como impulsar las comunidades energéticas en Colombia. La propuesta no solo posibilita hacer factible el despliegue de la infraestructura de carga pública, sino también a alinear el apoyo público con las especificidades de cada proyecto, fomentando así un desarrollo equitativo y sostenible de los recursos económicos públicos.

Es importante señalar que **los porcentajes de apoyo público definidos para cada modelo de negocio se consideran como máximos a efectos del análisis realizado**. En cada programa y convocatoria que se realice, se podrá proporcionar diferentes intensidades de apoyo público en función del mecanismo competitivo que se quiera definir por la entidad responsable del programa. Esta flexibilidad permite adaptarse a las distintas realidades y desafíos presentes en cada zona estratégica del país, asegurando una respuesta dinámica y personalizada a las necesidades específicas de cada proyecto.

A continuación, se detallan los resultados de la metodología empleada para calcular el apoyo público necesario:

Tabla 8: Escenario 1 Aspiracional- Aproximación del apoyo público necesario para el año 2028. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Cargadores lentos					Cargadores rápidos						
	Intensidad total del apoyo público (respecto del total de CAPEX)	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL	Intensidad progresiva de apoyo público NO asociado a sobrecosto ⁷²	Intensidad total de apoyo público asociado a sobrecosto ⁷³	Intensidad de apoyo público total ⁷⁴	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL
Privado. Apoyo público reducido.	10%	620.904 USD	0 USD	1.241.809 USD	1.862.713 USD	5%	45%	50%	1.369.642 USD	36.487.264 USD	2.684.498 USD	40.541.404 USD
Privado. Apoyo público bajo.	15%	213.048 USD	0 USD	426.096 USD	639.144 USD	10%	45%	55%	394.533 USD	5.255.183 USD	773.285 USD	6.423.002 USD
Privado. Apoyo público moderado.	20%	109.331 USD	0 USD	218.661 USD	327.992 USD	15%	45%	60%	178.256 USD	1.582.917 USD	349.383 USD	2.110.556 USD
Privado. Apoyo público alto.	25%	293.150 USD	0 USD	586.300 USD	879.449 USD	20%	45%	65%	308.579 USD	2.055.135 USD	604.814 USD	2.968.528 USD
Público	70%	820.820 USD	0 USD	1.641.639 USD	2.462.459 USD	40%	45%	85%	488.583 USD	1.626.982 USD	957.623 USD	3.073.187 USD
ESP	100%	4.234.505 USD	0 USD	8.469.010 USD	12.703.515 USD	55%	45%	100%	1.800.756 USD	4.361.104 USD	3.529.482 USD	9.691.341 USD
Comunidad energética	+ 10% respecto al resto de modelos	757.357 USD	0 USD	1.514.713 USD	2.272.070 USD	+ 10% respecto al resto de modelos	45%	+ 5% respecto al resto de modelos	658.344 USD	2.924.741 USD	1.290.353 USD	4.873.438 USD
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	-	35%	45%	80%	144.397 USD	549.533 USD	283.018 USD	976.948 USD
Baja prioridad de despliegue.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribución apoyo público		7.049.114 USD	0 USD	14.098.228 USD	21.147.342 USD				5.343.090 USD	54.842.859 USD	10.472.457 USD	70.658.405 USD
TOTAL						91.805.747 USD						

⁷² Considerando que el rango de ayudas al CAPEX de las experiencias internacionales (entre un 20% y un 75%), el incremento de las ayudas si el proyecto de infraestructura de carga se lleva a cabo en zonas vulnerables (entre un 5% y un 15%), el porcentaje del costo que queda por recibir la ayuda (un 55% como máximo para infraestructura de carga rápido), así como el análisis de los riesgos potenciales identificados en las zonas estratégicas donde se ha propuesto el modelo de negocio, se propone una ayuda adicional al resto del CAPEX del proyecto. La metodología de cálculo para dichos porcentajes adicionales de apoyo público se proporciona en el Anexo 3 de este documento.

⁷³ Se considera un apoyo público mínimo a los proyectos de infraestructura de carga rápida de un 45% sobre el CAPEX total del proyecto, al considerar que dicho 45% de incremento en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país. Del mismo modo, con objeto de no proporcionar un apoyo público sobredimensionado a las necesidades de cada proyecto, así como de garantizar la transparencia y la justificación de este respaldo financiero, se propone la inclusión de criterios específicos. Estos criterios se detallan en el Anexo 3 de este documento.

⁷⁴ Suma de la intensidad de apoyo público propuesta asociada al sobrecosto del CAPEX de la obra civil y eléctrica y la intensidad de apoyo público propuesta adicional al resto del CAPEX que quedaría por recibir ayuda.

Tabla 9: Escenario 2 Conservador- Aproximación del apoyo público necesario para el año 2030. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Cargadores lentos					Cargadores rápidos						
	Intensidad total del apoyo público (respecto del total de CAPEX)	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL	Intensidad progresiva de apoyo público NO asociado a sobrecosto ⁷⁵	Intensidad total de apoyo público asociado a sobrecosto ⁷⁶	Intensidad de apoyo público total ⁷⁷	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL
Privado. Apoyo público reducido.	10%	631.040 USD	0 USD	1.262.081 USD	1.893.121 USD	5%	45%	50%	1.392.001 USD	37.082.900 USD	2.728.321 USD	41.203.222 USD
Privado. Apoyo público bajo.	15%	216.526 USD	0 USD	433.052 USD	649.578 USD	10%	45%	55%	400.974 USD	5.340.972 USD	785.909 USD	6.527.854 USD
Privado. Apoyo público moderado.	20%	111.115 USD	0 USD	222.231 USD	333.346 USD	15%	45%	60%	181.166 USD	1.608.758 USD	355.086 USD	2.145.010 USD
Privado. Apoyo público alto.	25%	297.935 USD	0 USD	595.871 USD	893.806 USD	20%	45%	65%	313.616 USD	2.088.684 USD	614.688 USD	3.016.987 USD
Público	70%	834.219 USD	0 USD	1.668.438 USD	2.502.657 USD	40%	45%	85%	496.559 USD	1.653.541 USD	973.255 USD	3.123.356 USD
ESP	100%	4.303.631 USD	0 USD	8.607.262 USD	12.910.893 USD	55%	45%	100%	1.830.152 USD	4.432.296 USD	3.587.099 USD	9.849.547 USD
Comunidad energética	+ 10% respecto al resto de modelos	769.720 USD	0 USD	1.539.440 USD	2.309.160 USD	+ 10% respecto al resto de modelos	45%	+ 5% respecto al resto de modelos	668.808 USD	2.971.649 USD	1.310.864 USD	4.951.321 USD
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	-	35%	45%	80%	144.397 USD	549.533 USD	283.018 USD	976.948 USD
Baja prioridad de despliegue.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribución apoyo público		7.164.187 USD	0 USD	14.328.374 USD	21.492.561 USD				5.427.673 USD	55.728.333 USD	10.638.240 USD	71.794.246 USD
TOTAL						93.286.807 USD						

⁷⁵ Considerando que el rango de ayudas al CAPEX de las experiencias internacionales (entre un 20% y un 75%), el incremento de las ayudas si el proyecto de infraestructura de carga se lleva a cabo en zonas vulnerables (entre un 5% y un 15%), el porcentaje del costo que queda por recibir la ayuda (un 55% como máximo para infraestructura de carga rápido), así como el análisis de los riesgos potenciales identificados en las zonas estratégicas donde se ha propuesto el modelo de negocio, se propone una ayuda adicional al resto del CAPEX del proyecto. La metodología de cálculo para dichos porcentajes adicionales de apoyo público se proporciona en el Anexo 3 de este documento.

⁷⁶ Se considera un apoyo público mínimo a los proyectos de infraestructura de carga rápida de un 45% sobre el CAPEX total del proyecto, al considerar que dicho 45% de incremento en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país. Del mismo modo, con objeto de no proporcionar un apoyo público sobredimensionado a las necesidades de cada proyecto, así como de garantizar la transparencia y la justificación de este respaldo financiero, se propone la inclusión de criterios específicos. Estos criterios se detallan en el Anexo 3 de este documento.

⁷⁷ Suma de la intensidad de apoyo público propuesta asociada al sobrecosto del CAPEX de la obra civil y eléctrica y la intensidad de apoyo público propuesta adicional al resto del CAPEX que quedaría por recibir ayuda.

Tabla 10: Escenario 3 Intermedio- Aproximación del apoyo público necesario para el año 2029. (ZBDP y No-ZBDP)

Modelo	Intensidad total del apoyo público (respecto del total de CAPEX)	Cargadores lentos				Cargadores rápidos						
		Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL	Intensidad progresiva de apoyo público NO asociado a sobrecosto ⁷⁸	Intensidad total de apoyo público asociado a sobrecosto ⁷⁹	Intensidad de apoyo público total ⁸⁰	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	TOTAL
Privado. Apoyo público reducido.	10%	624.030 USD	0 USD	1.248.059 USD	1.872.089 USD	5%	45%	50%	1.376.536 USD	36.670.922 USD	2.698.011 USD	40.745.469 USD
Privado. Apoyo público bajo.	15%	214.120 USD	0 USD	428.241 USD	642.361 USD	10%	45%	55%	396.519 USD	5.281.635 USD	777.178 USD	6.455.332 USD
Privado. Apoyo público moderado.	20%	109.881 USD	0 USD	219.762 USD	329.643 USD	15%	45%	60%	179.154 USD	1.590.885 USD	351.141 USD	2.121.180 USD
Privado. Apoyo público alto.	25%	294.625 USD	0 USD	589.251 USD	883.876 USD	20%	45%	65%	310.132 USD	2.065.479 USD	607.859 USD	2.983.470 USD
Público	70%	824.951 USD	0 USD	1.649.902 USD	2.474.853 USD	40%	45%	85%	491.042 USD	1.635.171 USD	962.443 USD	3.088.656 USD
ESP	100%	4.255.819 USD	0 USD	8.511.639 USD	12.767.458 USD	55%	45%	100%	1.809.820 USD	4.383.055 USD	3.547.247 USD	9.740.122 USD
Comunidad energética	+ 10% respecto al resto de modelos	761.169 USD	0 USD	1.522.337 USD	2.283.506 USD	+ 10% respecto al resto de modelos	45%	+ 5% respecto al resto de modelos	661.570 USD	2.939.205 USD	1.296.678 USD	4.897.453 USD
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	-	35%	45%	80%	144.397 USD	549.533 USD	283.018 USD	976.948 USD
Baja prioridad de despliegue.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distribución apoyo público		7.084.595 USD	0 USD	14.169.191 USD	21.253.786 USD				5.369.170 USD	55.115.885 USD	10.523.574 USD	71.008.630 USD
TOTAL						92.262.416 USD						

Así pues, el **apoyo público total** necesario para el desarrollo de infraestructura de carga para vehículo eléctrico en ZBDP y No-ZBDP representaría, en los **3 escenarios, aproximadamente un 58 %** de la inversión total necesaria.

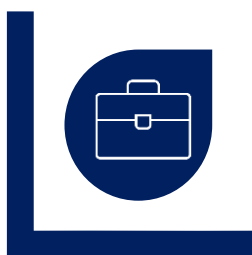
⁷⁸ Considerando que el rango de ayudas al CAPEX de las experiencias internacionales (entre un 20% y un 75%), el incremento de las ayudas si el proyecto de infraestructura de carga se lleva a cabo en zonas vulnerables (entre un 5% y un 15%), el porcentaje del costo que queda por recibir la ayuda (un 55% como máximo para infraestructura de carga rápido), así como el análisis de los riesgos potenciales identificados en las zonas estratégicas donde se ha propuesto el modelo de negocio, se propone una ayuda adicional al resto del CAPEX del proyecto. La metodología de cálculo para dichos porcentajes adicionales de apoyo público se proporciona en el Anexo 3 de este documento.

⁷⁹ Se considera un apoyo público mínimo a los proyectos de infraestructura de carga rápida de un 45% sobre el CAPEX total del proyecto, al considerar que dicho 45% de incremento en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país. Del mismo modo, con objeto de no proporcionar un apoyo público sobredimensionado a las necesidades de cada proyecto, así como de garantizar la transparencia y la justificación de este respaldo financiero, se propone la inclusión de criterios específicos. Estos criterios se detallan en el Anexo 3 de este documento.

⁸⁰ Suma de la intensidad de apoyo público propuesta asociada al sobrecosto del CAPEX de la obra civil y eléctrica y la intensidad de apoyo público propuesta adicional al resto del CAPEX que quedaría por recibir ayuda.

2. Propuesta para el despliegue en la red vial nacional y Hubs de movilidad

Resumen de la Propuesta de modelo de negocio



El análisis de riesgos y la caracterización de las zonas estratégicas en Colombia ha destacado la posición estratégica de los Hubs de movilidad, ya que no solo impulsa la demanda de carga rápida, sino que también reduce la incertidumbre sobre las tarifas máximas potenciales. Por otro lado, respecto a las vías nacionales se ha destacado que los riesgos difieren en función de la ubicación de la vía. Como por ejemplo, la variabilidad en la demanda y los costos

eléctricos, señalando que estos desafíos requieren un respaldo público específico y personalizado, centrado en las áreas con mayores riesgos.

Para potenciar la instalación de infraestructura de carga pública, tanto en los Hubs de movilidad como en las vías nacionales, se ha propuesto el modelo de negocio concesional para proporcionar flexibilidad y fomentar la colaboración público-privada, disminuyendo así los riesgos identificados para la instalación de la infraestructura. En el caso de las vías nacionales, también se ha propuesto el modelo de negocio de comunidades energéticas. Adicionalmente, el respaldo público se caracterizaría por una intensidad reducida o baja, e incluso en el caso de algunas vías nacionales podría llegar a un apoyo público moderado, si existiese un elevado riesgo a la demanda, un elevado costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico, así como sobrecostos considerables asociados al acceso a redes eléctricas, que impidieran la entrada del sector privado para la instalación de infraestructura de carga pública en dichas vías nacionales. Del mismo modo, se ha propuesto, incrementar la intensidad del apoyo público en el caso de que la infraestructura de carga pública que se disponga en las vías nacionales se realice bajo un modelo de negocio de comunidad energética.

Figura 28: Modelos de negocio e intensidad de apoyo público para los Hubs de movilidad y las vías nacionales⁸¹



Fuente: Elaboración propia

Aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública



En el proceso de determinar la aproximación de infraestructura de carga pública necesaria para el despliegue en las vías nacionales y Hubs de movilidad, se ha seguido una metodología que se detalla en el Anexo 2 de este documento y en concreto en el apartado llamado “1. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia y la aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública”.

Las características propias de este tipo de ubicaciones merecen un análisis diferente que el llevado a cabo para las ZBDP o No-ZBDP. En el caso particular de las **vías nacionales**, se ha identificado el número de puntos en cada estación de carga, así como la **distancia máxima** entre dichas **estaciones y**, este caso de los **Hubs de movilidad**, el objetivo principal ha sido determinar un número mínimo de puntos de carga mínimos a desplegar en cada estación ubicada en estas zonas. En este sentido, para una adecuada contextualización de Colombia se han seguido los siguientes pasos:

Respecto a las vías nacionales, típicamente la autonomía de los vehículos eléctricos difiere entre aquella que muestran los folletos técnicos del fabricante y la autonomía real durante la conducción. Por ello, en primer lugar se ha procedido a determinar los vehículos típicamente comercializados en Colombia así como sus características técnicas y, posteriormente, mediante diferentes **estudios e informes**⁸², estimar la autonomía real de las baterías de los VE. Así pues, con base en la **literatura revisada** se ha logrado determinar que, en general, **los vehículos eléctricos pueden presentar disminuciones de alrededor de un 36 % respecto su autonomía teórica**. Por lo tanto, este análisis arroja que, en promedio, **la autonomía real de un vehículo**

⁸¹ El modelo de negocio de Comunidad Energética aplicaría a las vías nacionales tal y como se define en el apartado de este documento 3.2.4 *Potenciales modelos de negocio por zona en Colombia*. Del mismo modo, en caso de aplicarse el modelo del negocio de Comunidad Energética, el apoyo público se incrementaría de intensidad respecto al apoyo público que se recibiría en caso del modelo bajo esquema concesional.

⁸² (Czajka, 2023) (Electromaps, 2023) (European Alternative Fuels Observatory, 2024) (Iclodean, et al., 2017)

eléctrico típico en Colombia se situaría en los 252 km. Además de lo anterior, diversos estudios⁸³ han mencionado que existen factores que pueden acortar en mayor intensidad si cabe la duración de la batería. Así pues, de entre los principales factores, y que se han tenido en cuenta a la hora de hacer este análisis, se encuentran:

- A. **La temperatura.** Las altas temperaturas de, por ejemplo, la costa del caribe o, las temperaturas bajas en determinadas zonas del altiplano andino pueden afectar a la duración de la batería de un EV. Esto, con base en la literatura revisada, se ha estimado en un 11% reduciendo los 252 km a 224 km.
- B. **El tipo de conducción.** El tipo de condición puede afectar de igual forma a la autonomía de la batería, llegando a disminuirla hasta en un 30 % en carreteras según la literatura estudiada. Reduciendo los 224 a 157 km.
- C. **Factor de ansiedad.** Se ha considerado que, en general, una persona no espera a que la batería se encuentre totalmente descargada. La ansiedad de carga tiene en cuenta factores como el tiempo de carga, el tipo de cargador, la duración del trayecto, entre otros y, de esta manera se ha propuesto que este factor sea del 50 % respecto a la autonomía real del vehículo eléctrico. Reduciendo los 157 km a 78 km que, por simplicidad se redondea a 80 km.

Así pues, fruto de este análisis se estima que, la distancia máxima entre estaciones de carga en Colombia sea de aproximadamente 80 km en las vías que forman la red vial primaria de primer nivel. Además, de forma general, se ha establecido la presencia de una estación para cada lado de la vía. Por otra parte, también se ha establecido un número aproximado de puntos de carga mínimos con base en las características propias de la red vial⁸⁴. De esta manera el número de puntos de carga se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Número de cargadores en carreteras de la red vial primaria de Colombia

Tipología de la red vial	N.º de estaciones a AMBOS lados de la vía/Hub	N.º de puntos de carga mínimos por estación	N.º de puntos de carga rápidos totales
Rutas prioritarias (Modelo concesional)	78	4	316
Resto de la Red vial primaria nacional (Modelo concesional)	305	2	610
Rutas prioritarias y restante de la red vial primaria por Modelo de comunidades energéticas	42	4 ó 2 dependiendo de la tipología de red vial	92
Resultados	432	-	1.050

Es decir, por regla general se establece que en la red vial primaria se coloquen 2 puntos de carga rápida en cada estación situada a cada lado de la vía. Sin embargo, en las rutas prioritarias identificadas (y que se observan en la figura 13⁸⁵ de este documento), se ha definido que se establezcan 4 puntos de carga rápida por estación. De esta manera, en toda la red vial primaria se presenta una necesidad de 1.072 puntos de carga. A

⁸³ (Alke Electric Vehicles, 2023) (Endolla, 2021) (Chen, et al., 2022) (Younes, et al., 2013) (European Alternative Fuels Observatory, 2024) (Alex, et al., 2020) (Armenta-Deu & Cattin, 2021)

⁸⁴ Estos supuestos se establecen de forma general ya que, en función de las características del tramo de la vía, podría implementarse solo una única estación para ambos lados o aumentar o disminuir el número de puntos de carga.

⁸⁵ Figura 20. **Error! Solo el documento principal.** Red vial primaria nacional (izquierda) y las rutas prioritarias y Hubs de movilidad (derecha) de Colombia, del apartado 3.2.3.2 Caracterización de la Red vial nacional y Hubs de movilidad

continuación, se proporciona un mayor detalle del número de puntos de carga estimados en las rutas prioritarias:

Tabla 12. Detalle del número aproximado identificado de puntos de carga en carreteras de la red vial primaria, rutas prioritarias y Hubs.

Trayecto	Nodo inicial	Nodo final	Nombre de la ruta	Distancia aprox. (km)	N.º de estaciones a AMBOS lados de la vía/Hub	N.º de puntos de carga mínimos por estación	N.º de puntos de carga totales
Bogotá - Cali	La Paila (cruce con ruta 40)	Cali	Ruta 25	124	3	4	12
Cali - Pasto	Cali	Pasto	Ruta 25	381	10	4	40
Cartagena - Medellín	Cartagena	Medellín	Ruta 25	911	22	4	88
Medellín - Cali	Medellín	La Paila	Ruta 25	285	7	4	28
Medellín - Cali	La Paila	Cali	Ruta 25	124	4	4	16
Bogotá - Cali	Bogotá	La Paila (cruce con ruta 25)	Ruta 40	334	8	4	32
Bucaramanga - Bogotá	Bucaramanga	Bogotá	Ruta 45 A	397	10	4	40
Bogotá - Medellín	Bogotá	Guaduas	Ruta 50	121	3	4	12
Cúcuta - Bucaramanga	Cúcuta	Pamplona	Ruta 55	74	2	4	8
Bogotá - Medellín	Guaduas	Medellín	Ruta 56	342	8	4	32
Cúcuta - Bucaramanga	Pamplona	Bucaramanga	Ruta 66	123	3	4	12
Barranquilla - Santa Marta	Barranquilla	Santa Marta	Ruta 90	105	2	4	8
Cartagena - Barranquilla	Cartagena	Barranquilla	Ruta 90	124	3	4	12
Resultados				3.445	85	-	340

Por lo tanto la ruta 25, que, a lo largo de un tramo corresponde a la Carretera Panamericana, se identifica como la ruta prioritaria con mayor número de puntos de carga a desplegar, con un total de 200 puntos. Dicha ruta atraviesa varios departamentos y conecta las ciudades de Cartagena, Medellín, Cali y Pasto, siendo la última una ciudad próxima a la frontera sur con la República del Ecuador y, por tanto con una presencia, a priori, de alta densidad de flujo vehicular.

El restante de la red vial primaria representa, aproximadamente, 13.538 km. Dichas vías, al definirse con menor nivel de priorización, se ha estimado 2 puntos de carga por estación, resultando en un total de 680 puntos de carga⁸⁶.

Por su parte, en los Hubs de movilidad identificados, se ha definido una señal para el mercado de 4 puntos de carga rápida con el objeto de implementar un mínimo de cargadores por estación ubicada en dichos Hubs. A continuación, se incluye la tabla que presenta el número de cargadores totales estimados necesarios:

⁸⁶ Como se podrá ver posteriormente, existen 2 departamentos (Meta y Putumayo) para los cuales se propone un modelo de negocio concesional en carreteras secundarias. La infraestructura de carga de estos departamentos se contempla en el apartado anterior de zonas ZBDP.

Tabla 13. Número de cargadores en Hubs de movilidad (aeropuertos y puertos principales)

Tipología de la red vial	N.º de Hubs identificados	Número de cargadores mínimos por estación	N.º de cargadores rápidos totales
Hubs (aeropuertos y puertos)	8	4	32
Resultados	8	4	32

En este sentido, se propone para el despliegue de infraestructura de carga pública en la red vial nacional y Hubs de movilidad de Colombia, la siguiente estimación de puntos de carga de tipología de carga rápida:

Tabla 14: Aproximación al número total de cargadores rápidos en Hubs de movilidad y vías nacionales de Colombia

Trayecto	N.º de estaciones a AMBOS lados de la vía/Hub	N.º de puntos de carga mínimos por estación	N.º de puntos de carga rápidos totales
Rutas prioritarias (Modelo concesional)	78	4	316
Resto de la Red vial primaria nacional (Modelo concesional)	305	2	610
Rutas prioritarias y restante de la red vial primaria por Modelo de comunidades energéticas	42	-	92
Hubs (aeropuertos y puertos)	8	4	32
Resultados	432		1.050

Aproximación a las necesidades de apoyo público



Con base en la estimación de la inversión potencial necesaria (CAPEX) para los cargadores rápidos y lentos identificada en el apartado “3.1.3 Inversión potencial necesaria” de este documento, a la distribución de dicha inversión entre el costo asociado al punto de carga y el costo de la obra civil y eléctrica, así como, al incremento del 45% en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional derivado

del mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país que se produce en los proyectos de infraestructura de carga rápida, a continuación, se estima para cada escenario de penetración de vehículos eléctricos, el costo de inversión asociado al despliegue de los puntos de carga en los Hubs de movilidad y en las vías nacionales es:

Tabla 15: Aproximación a la inversión total necesaria en Hubs de movilidad y vías nacionales de Colombia

Tipología de la red vial	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica
Rutas prioritarias (Modelo concesional)	11.500.000 USD	15.318.000 USD	7.222.000 USD
Restante de la red primaria (Modelo concesional)	15.250.000 USD	20.313.000 USD	9.577.000 USD
Rutas prioritarias y restante de la red vial primaria por Modelo de comunidades energéticas	2.500.000 USD	3.330.000 USD	1.570.000 USD
Hubs (aeropuertos y puertos)	800.000 USD	1.065.600 USD	502.400 USD
TOTAL	30.050.000 USD	40.026.600 USD	18.871.400 USD

Resultados

88.948.000 USD

Con base en la metodología descrita en el *Anexo 3* de este documento llamado “*Metodología para la aproximación a las necesidades de apoyo público*”, así como de las consideraciones adicionales detalladas en el apartado de “*Aproximación a las necesidades de apoyo*” del apartado anterior llamado “*Propuesta para el despliegue en Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP*”, este apartado se centra en proponer una estrategia de apoyo público de diversas intensidades, diseñada para impulsar el despliegue a gran escala de infraestructura de carga pública en Colombia.

A continuación, se detallan los resultados de la metodología empleada para calcular el apoyo público necesario:

Tabla 16. Aproximación del apoyo público necesario para el año 2029 en Hubs de movilidad y vías nacionales de Colombia

Categoría	Intensidad progresiva de apoyo público NO asociado a sobrecosto (respecto del total de CAPEX)	Intensidad fija de apoyo público asociado a sobrecosto (respecto del total de CAPEX)	Intensidad de apoyo público total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica
Vías prioritarias	5%	45%	50%	575.000 USD	15.318.000 USD	1.127.000 USD
Restante de la red primaria	10%	45%	55%	1.525.000 USD	20.313.000 USD	2.989.000 USD
Hubs	5%	45%	50%	40.000 USD	1.065.600 USD	78.400 USD
Comunidad energética	+ 10 % respecto al resto de modelos	45%	+ 10% respecto al resto de modelos	460.000 USD	3.330.000 USD	901.600 USD
Total				2.600.000 USD	40.026.600 USD	5.096.000 USD
Resultados					47.722.600 USD	

Así pues, el **apoyo público total** para el despliegue de infraestructura de carga de vehículo eléctrico en las vías nacionales de primer nivel y Hubs de movilidad, representaría **aproximadamente un 56 %** de la inversión total necesaria.

3. Principales conclusiones sobre los recursos necesarios para el despliegue de infraestructura de carga

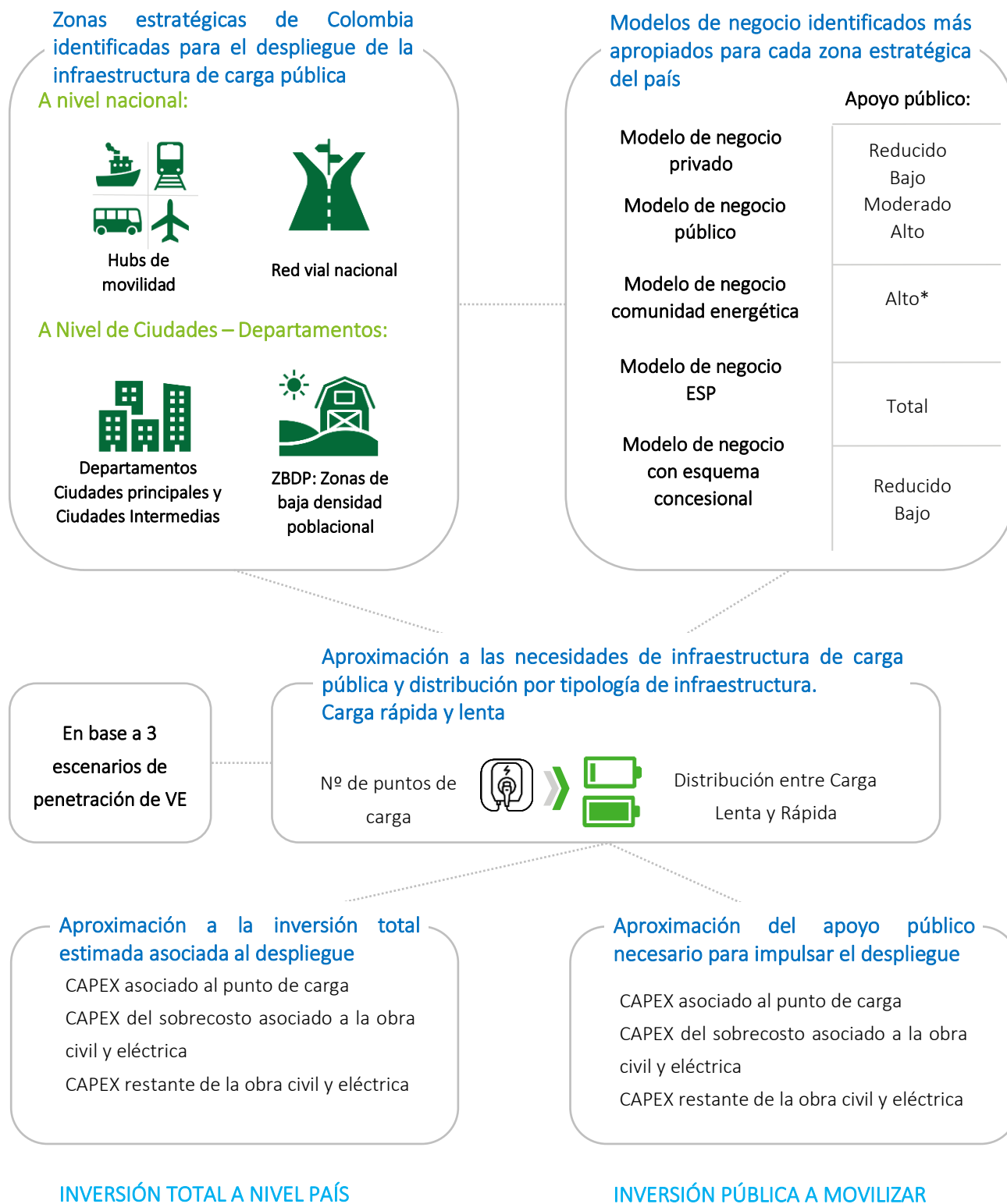
En conclusión, este apartado presenta los resultados consolidados del análisis detallado llevado a cabo en este documento. A partir de la identificación de las zonas estratégicas en Colombia y la determinación de los modelos de negocio óptimos para cada una de ellas, se ha calculado el número estimado total de puntos de carga. Además, se ha diferenciado entre infraestructura de carga lenta y rápida, proporcionando una visión integral de las necesidades de carga en el país. Y por último, se ha realizado el cálculo del CAPEX total estimado



para el despliegue y la identificación del apoyo público requerido para incentivar la viabilidad de los modelos de negocio y, por ende, para el cierre financiero de los proyectos de infraestructura de carga pública.

Se ilustra a continuación, un resumen de los aspectos considerados para aportar los resultados consolidados del análisis:

Figura 29: Aspectos considerados en los resultados consolidados para disponer de una aproximación de los recursos necesarios para el despliegue de la infraestructura de carga pública en Colombia



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resultados agregados Escenario 1 Aspiracional- Aproximación de puntos de carga públicos para el año 2028

Cargadores lentos											Cargadores rápidos								
Modelo		Número	CAPEX TOTAL				CAPEX con apoyo público				Número	CAPEX TOTAL				CAPEX con apoyo público			
			Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total		Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total
Privado. Apoyo público reducido.		6.209	USD 6.209.044	USD 0	USD 12.418.088	USD 18.627.132	USD 620.904	USD 0	USD 1.241.809	USD 1.862.713	1.096	USD 27.392.841	USD 36.487.264	USD 17.202.704	USD 81.082.808	USD 1.369.642	USD 36.487.264	USD 2.684.498	USD 40.541.404
Privado. Apoyo público bajo.		1.420	USD 1.420.320	USD 0	USD 2.840.640	USD 4.260.960	USD 213.048	USD 0	USD 426.096	USD 639.144	158	USD 3.945.333	USD 5.255.183	USD 2.477.669	USD 11.678.185	USD 394.533	USD 5.255.183	USD 773.285	USD 6.423.002
Privado. Apoyo público moderado.		547	USD 546.653	USD 0	USD 1.093.306	USD 1.639.959	USD 109.331	USD 0	USD 218.661	USD 327.992	48	USD 1.188.376	USD 1.582.917	USD 746.300	USD 3.517.594	USD 178.256	USD 1.582.917	USD 349.383	USD 2.110.556
Privado. Apoyo público alto.		1.173	USD 1.172.599	USD 0	USD 2.345.199	USD 3.517.798	USD 293.150	USD 0	USD 586.300	USD 879.449	62	USD 1.542.894	USD 2.055.135	USD 968.937	USD 4.566.966	USD 308.579	USD 2.055.135	USD 604.814	USD 2.968.528
Público		1.173	USD 1.172.599	USD 0	USD 2.345.199	USD 3.517.798	USD 820.820	USD 0	USD 1.641.639	USD 2.462.459	49	USD 1.221.458	USD 1.626.982	USD 767.075	USD 3.615.515	USD 488.583	USD 1.626.982	USD 957.623	USD 3.073.187
ESP		4.235	USD 4.234.505	USD 0	USD 8.469.010	USD 12.703.515	USD 4.234.505	USD 0	USD 8.469.010	USD 12.703.515	131	USD 3.274.102	USD 4.361.104	USD 2.056.136	USD 9.691.341	USD 1.800.756	USD 4.361.104	USD 3.529.482	USD 9.691.341
Comunidad energética		1.640	USD 1.639.524	USD 0	USD 3.279.049	USD 4.918.573	USD 757.357	USD 0	USD 1.514.713	USD 2.272.070	180	USD 4.695.752	USD 6.254.741	USD 2.948.932	USD 13.899.425	USD 1.118.344	USD 6.254.741	USD 2.191.953	USD 9.565.038
Concesional en carreteras secundarias.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	USD 412.563	USD 549.533	USD 259.089	USD 1.221.185	USD 144.397	USD 549.533	USD 283.018	USD 976.948
Vías prioritarias		-	-	-	-	-	-	-	-	-	316	USD 11.500.000	USD 15.318.000	USD 7.222.000	USD 34.040.000	USD 575.000	USD 15.318.000	USD 1.127.000	USD 17.020.000
Restante de la red primaria		-	-	-	-	-	-	-	-	-	610	USD 15.250.000	USD 20.313.000	USD 9.577.000	USD 45.140.000	USD 1.525.000	USD 20.313.000	USD 2.989.000	USD 24.827.000
Hubs		-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	USD 800.000	USD 1.065.600	USD 502.400	USD 2.368.000	USD 40.000	USD 1.065.600	USD 78.400	USD 1.184.000
Baja prioridad de despliegue		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES		16.395	USD 16.395.245	USD 0	USD 32.790.490	USD 49.185.735	USD 7.049.114	USD 0	USD 14.098.228	USD 21.147.342	2.697	USD 71.223.317	USD 94.869.459	USD 44.728.243	USD 210.821.019	USD 7.943.090	USD 94.869.459	USD 15.568.457	USD 118.381.005

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Resultados agregados Escenario 2 Conservador- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2030

Cargadores lentos											Cargadores rápidos									
Modelo	Número	CAPEX TOTAL					CAPEX con apoyo público				Número	CAPEX TOTAL					CAPEX con apoyo público			
		Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga		Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total		
Privado. Apoyo público reducido.	6.310	USD 6.310.403	USD 0	USD 12.620.807	USD 18.931.210	USD 631.040	USD 0	USD 1.262.081	USD 1.893.121	1.114	USD 27.840.015	USD 37.082.900	USD 17.483.529	USD 82.406.444	USD 1.392.001	USD 37.082.900	USD 2.728.321	USD 41.203.222		
Privado. Apoyo público bajo.	1.444	USD 1.443.506	USD 0	USD 2.887.012	USD 4.330.517	USD 216.526	USD 0	USD 433.052	USD 649.578	160	USD 4.009.738	USD 5.340.972	USD 2.518.116	USD 11.868.826	USD 400.974	USD 5.340.972	USD 785.909	USD 6.527.854		
Privado. Apoyo público moderado.	556	USD 555.577	USD 0	USD 1.111.154	USD 1.666.731	USD 111.115	USD 0	USD 222.231	USD 333.346	48	USD 1.207.776	USD 1.608.758	USD 758.483	USD 3.575.017	USD 181.166	USD 1.608.758	USD 355.086	USD 2.145.010		
Privado. Apoyo público alto.	1.192	USD 1.191.741	USD 0	USD 2.383.483	USD 3.575.224	USD 297.935	USD 0	USD 595.871	USD 893.806	63	USD 1.568.081	USD 2.088.684	USD 984.755	USD 4.641.519	USD 313.616	USD 2.088.684	USD 614.688	USD 3.016.987		
Público	1.192	USD 1.191.741	USD 0	USD 2.383.483	USD 3.575.224	USD 834.219	USD 0	USD 1.668.438	USD 2.502.657	50	USD 1.241.397	USD 1.653.541	USD 779.598	USD 3.674.536	USD 496.559	USD 1.653.541	USD 973.255	USD 3.123.356		
ESP	4.304	USD 4.303.631	USD 0	USD 8.607.262	USD 12.910.893	USD 4.303.631	USD 0	USD 8.607.262	USD 12.910.893	133	USD 3.327.550	USD 4.432.296	USD 2.089.701	USD 9.849.547	USD 1.830.152	USD 4.432.296	USD 3.587.099	USD 9.849.547		
Comunidad energética	1.666	USD 1.666.289	USD 0	USD 3.332.578	USD 4.998.867	USD 769.720	USD 0	USD 1.539.440	USD 2.309.160	181	USD 4.730.968	USD 6.301.649	USD 2.971.048	USD 14.003.665	USD 1.128.808	USD 6.301.649	USD 2.212.464	USD 9.642.921		
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	USD 412.563	USD 549.533	USD 259.089	USD 1.221.185	USD 144.397	USD 549.533	USD 283.018	USD 976.948		
Vías prioritarias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	316	USD 11.500.000	USD 15.318.000	USD 7.222.000	USD 34.040.000	USD 575.000	USD 15.318.000	USD 1.127.000	USD 17.020.000		
Restante de la red primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	610	USD 15.250.000	USD 20.313.000	USD 9.577.000	USD 45.140.000	USD 1.525.000	USD 20.313.000	USD 2.989.000	USD 24.827.000		
Hubs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	USD 800.000	USD 1.065.600	USD 502.400	USD 2.368.000	USD 40.000	USD 1.065.600	USD 78.400	USD 1.184.000		
Baja prioridad de despliegue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TOTALES	16.663	USD 16.662.889	USD 0	USD 33.325.778	USD 49.988.667	USD 7.164.187	USD 0	USD 14.328.374	USD 21.492.561	2.724	USD 71.888.087	USD 95.754.933	USD 45.145.719	USD 212.788.739	USD 8.027.673	USD 95.754.933	USD 15.734.240	USD 119.516.846		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Resultados agregados Escenario 3 Intermedio- Aproximación de la inversión necesaria para el año 2029

Cargadores lentos											Cargadores rápidos									
Modelo	Número	CAPEX TOTAL					CAPEX con apoyo público				Número	CAPEX TOTAL					CAPEX con apoyo público			
		Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga		Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total	Punto de carga	Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica	Restante de la obra civil y eléctrica	Total		
Privado. Apoyo público reducido.	6.240	USD 6.240.297	USD 0	USD 12.480.594	USD 18.720.891	USD 624.030	USD 0	USD 1.248.059	USD 1.872.089	1.101	USD 27.530.722	USD 36.670.922	USD 17.289.293	USD 81.490.937	USD 1.376.536	USD 36.670.922	USD 2.698.011	USD 40.745.469		
Privado. Apoyo público bajo.	1.427	USD 1.427.469	USD 0	USD 2.854.938	USD 4.282.407	USD 214.120	USD 0	USD 428.241	USD 642.361	159	USD 3.965.192	USD 5.281.635	USD 2.490.140	USD 11.736.967	USD 396.519	USD 5.281.635	USD 777.178	USD 6.455.332		
Privado. Apoyo público moderado.	549	USD 549.405	USD 0	USD 1.098.809	USD 1.648.214	USD 109.881	USD 0	USD 219.762	USD 329.643	48	USD 1.194.358	USD 1.590.885	USD 750.057	USD 3.535.300	USD 179.154	USD 1.590.885	USD 351.141	USD 2.121.180		
Privado. Apoyo público alto.	1.179	USD 1.178.502	USD 0	USD 2.357.003	USD 3.535.505	USD 294.625	USD 0	USD 589.251	USD 883.876	62	USD 1.550.660	USD 2.065.479	USD 973.814	USD 4.589.954	USD 310.132	USD 2.065.479	USD 607.859	USD 2.983.470		
Público	1.179	USD 1.178.502	USD 0	USD 2.357.003	USD 3.535.505	USD 824.951	USD 0	USD 1.649.902	USD 2.474.853	49	USD 1.227.606	USD 1.635.171	USD 770.936	USD 3.633.713	USD 491.042	USD 1.635.171	USD 962.443	USD 3.088.656		
ESP	4.256	USD 4.255.819	USD 0	USD 8.511.639	USD 12.767.458	USD 4.255.819	USD 0	USD 8.511.639	USD 12.767.458	132	USD 3.290.582	USD 4.383.055	USD 2.066.485	USD 9.740.122	USD 1.809.820	USD 4.383.055	USD 3.547.247	USD 9.740.122		
Comunidad energética	1.648	USD 1.647.777	USD 0	USD 3.295.554	USD 4.943.331	USD 761.169	USD 0	USD 1.522.337	USD 2.283.506	180	USD 4.706.610	USD 6.269.205	USD 2.955.751	USD 13.931.566	USD 1.121.570	USD 6.269.205	USD 2.198.278	USD 9.589.053		
Concesional en carreteras secundarias.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	USD 412.563	USD 549.533	USD 259.089	USD 1.221.185	USD 144.397	USD 549.533	USD 283.018	USD 976.948		
Vías prioritarias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	316	USD 11.500.000	USD 15.318.000	USD 7.222.000	USD 34.040.000	USD 575.000	USD 15.318.000	USD 1.127.000	USD 17.020.000		
Restante de la red primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	610	USD 15.250.000	USD 20.313.000	USD 9.577.000	USD 45.140.000	USD 1.525.000	USD 20.313.000	USD 2.989.000	USD 24.827.000		
Hubs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	USD 800.000	USD 1.065.600	USD 502.400	USD 2.368.000	USD 40.000	USD 1.065.600	USD 78.400	USD 1.184.000		
Baja prioridad de despliegue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
TOTALES	16.478	USD 16.477.770	USD 0	USD 32.955.540	USD 49.433.311	USD 7.084.595	USD 0	USD 14.169.191	USD 21.253.786	2.705	USD 71.428.292	USD 95.142.485	USD 44.856.967	USD 211.427.745	USD 7.969.170	USD 95.142.485	USD 15.619.574	USD 118.731.230		

Fuente: Elaboración propia

Retomando los escenarios de proyecciones de vehículos eléctricos livianos, junto con la evolución de los ratios definidos de VE por punto de carga y la distribución de tipología de infraestructura de carga predominante en cada zona estratégica de Colombia, **los resultados que se pueden proyectar reflejan una tendencia de despliegue que deberá considerarse a la hora de diseñar la estrategia nacional de infraestructura de carga pública en Colombia.** Atendiendo a los resultados anteriores y los 3 escenarios de penetración de vehículos eléctricos descritos en el apartado “Estrategia de despliegue de la infraestructura de carga” de este documento, a continuación se exponen los **resultados relacionados con la penetración de infraestructura de carga pública en Colombia:**

Figura 30: Resultados agregados de la estimación de la penetración de infraestructura de carga pública en Colombia

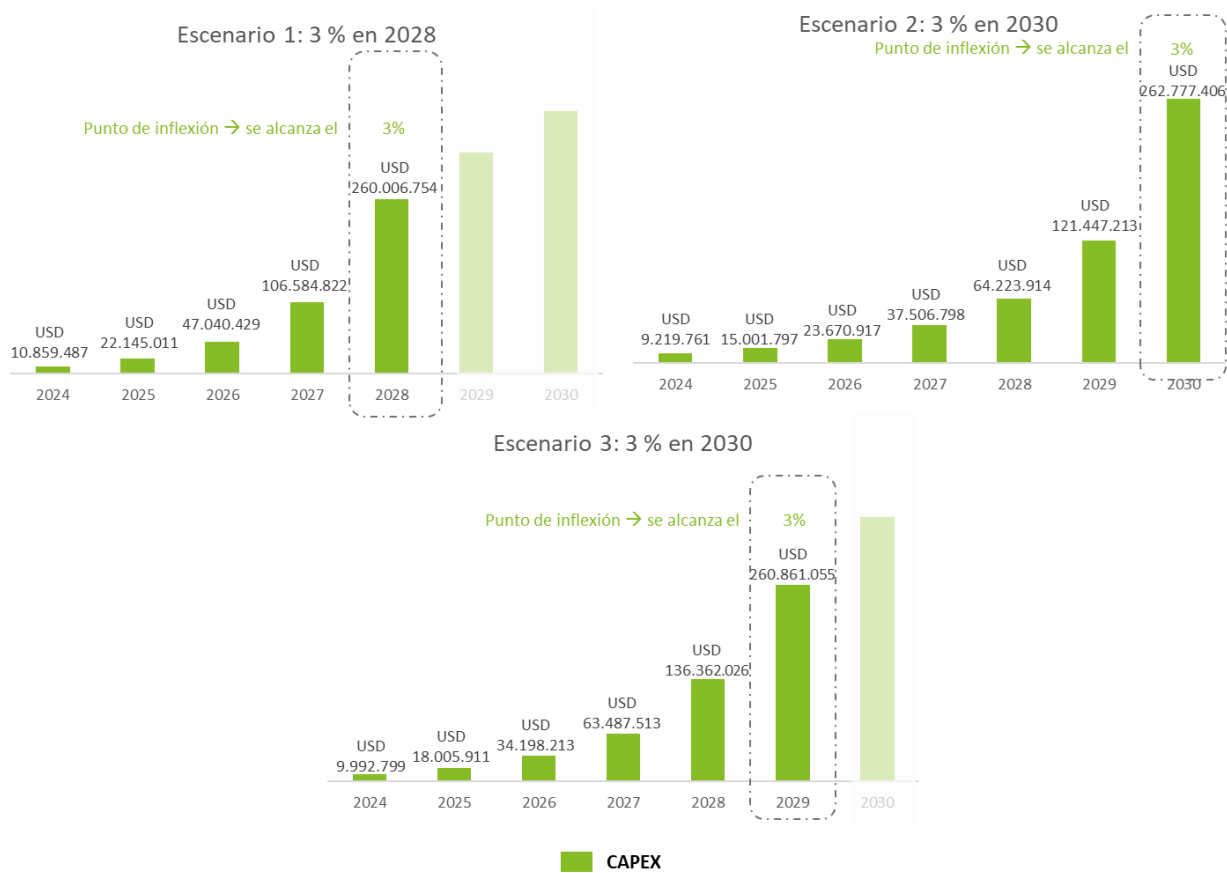


Fuente: Elaboración propia

En base a la penetración de puntos de carga, la distribución por tipología de carga y el CAPEX total asociado a cada punto de carga, se presenta a continuación **la estimación de la inversión total que podría movilizarse en Colombia al iniciar el despliegue de la infraestructura de carga.**

Este cálculo refleja la intensidad de la inversión necesaria para respaldar la transición hacia la movilidad eléctrica en el país, de este modo, **el cálculo proporciona al mercado una señal para los actores públicos y privados involucrados** en el ecosistema de la infraestructura de carga pública, destacando la **importancia de una asignación estratégica de recursos** para respaldar el despliegue.

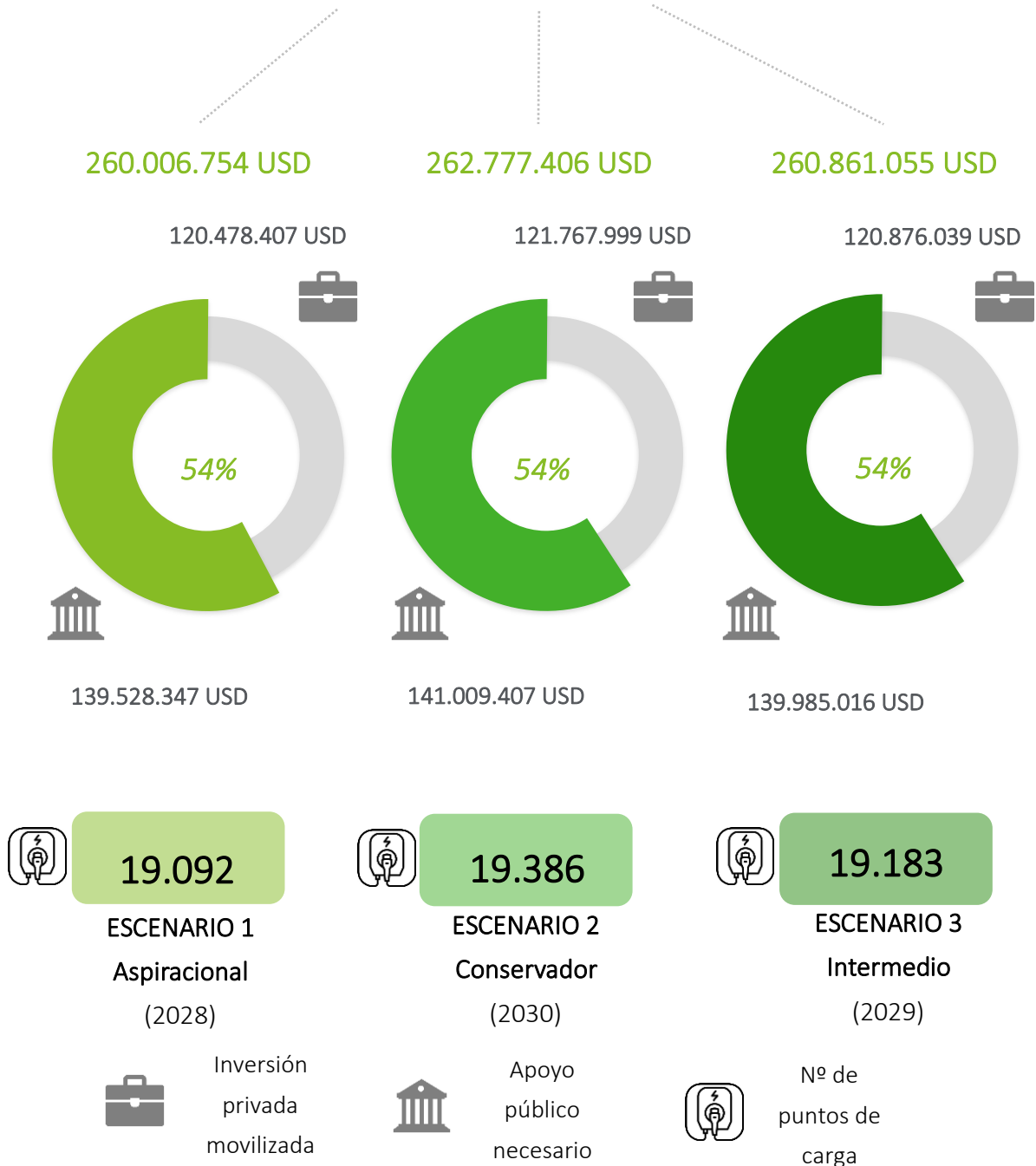
Figura 31: Resultados agregados de la estimación de la inversión total que podría movilizarse en Colombia al iniciar el despliegue de la infraestructura de carga pública



Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Resultados agregados de los 3 escenarios estimados en relación con la aproximación de recursos necesarios para el despliegue de la infraestructura de carga en Colombia

Propuesta de inversión traccionada TOTAL



Fuente: Elaboración propia

Identificación de posibles Modelos de Negocio de uso potencial de infraestructura de carga para comercializar servicios a transporte público

En el contexto de la electrificación de flotas, el enfoque hacia modelos de infraestructura compartida puede seguir una estrategia dinámica. Las empresas, dependiendo de su posición financiera, pueden perseguir diferentes objetivos al considerar este modelo. Dos escenarios destacados muestran enfoques distintos:

Propietario de flota y de infraestructura de carga

Por un lado, aquellas que han realizado inversiones significativas pueden buscar **maximizar el uso de su infraestructura**, agilizando la recuperación de sus inversiones.

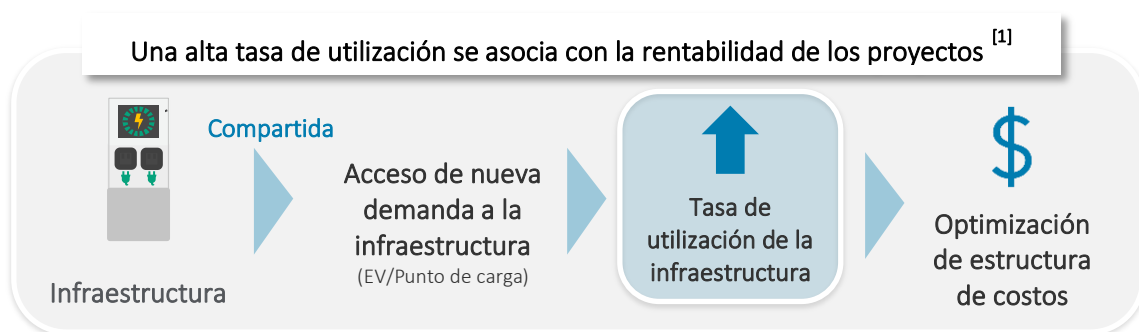
Propietario de flota sin infraestructura de carga

Por otro lado, empresas que deseen **minimizar los costos de inversión y gastos operativos** pueden encontrar en el modelo compartido una vía para alcanzar sus metas sin realizar inversiones tan sustanciales.

1. Escenario 1: infraestructura privada, abierta al público en ciertos horarios

En el primer escenario, donde la empresa es propietaria tanto de la flota como de la infraestructura de carga, la adopción de modelos de infraestructura compartida con acceso a nueva demanda se presenta como una estrategia para **optimizar la estructura de costos** de la empresa. El objetivo generalmente se basa en asegurar una **tasa de utilización** de la infraestructura que permita acelerar la recuperación de las inversiones realizadas e, incluso, abrir la posibilidad de generar ingresos adicionales.

Este enfoque busca maximizar la eficiencia de la infraestructura al garantizar la disponibilidad para la flota principal y, al mismo tiempo, aprovechar los periodos de baja demanda para ofrecer acceso a usuarios externos.



^[1] Desde el punto de vista del propietario de la infraestructura.

Disponibilidad de la infraestructura

Los desafíos vinculados a la evaluación de la viabilidad de la infraestructura compartida en el escenario de una empresa propietaria de flota e infraestructura de carga, abierta al público en ciertos horarios, se centran en distintos aspectos:

Este reto abarca la complejidad de coordinar los tiempos de carga críticos de la flota principal con la apertura selectiva a terceros usuarios.

En primer lugar, es necesario realizar un análisis de los **periodos y momentos de carga** de la flota que posee la infraestructura de carga, para comprender cómo, cuándo y por cuánto tiempo la flota principal utiliza la infraestructura para cargar sus vehículos. Se puede realizar una evaluación temporal que abarque un periodo representativo para identificar los momentos críticos de carga y, de manera igualmente importante, los espacios de tiempo en los que la infraestructura se encuentra subutilizada o sin uso.

Al identificar las necesidades, patrones de carga y momentos de menor demanda de la flota principal a lo largo del tiempo, se puede determinar la **disponibilidad de la infraestructura**, y con ello, las oportunidades para abrirla al público. Esto implica encontrar ventanas específicas en las que la flota principal no requiere la totalidad de la capacidad de carga disponible, permitiendo una apertura controlada a terceros sin interferir con las necesidades de la flota principal.

Para lograrlo, es necesario establecer reglas y procedimientos claros para gestionar la utilización de la infraestructura. Esto se puede abordar desarrollando un **protocolo que defina los horarios y condiciones en los cuales la infraestructura estará disponible para terceros**. Este enfoque implica implementar **jerarquías de uso**, establecer categorías de usuarios, asignar niveles de prioridad y diseñar un sistema que garantice la prioridad y acceso ininterrumpido a la infraestructura durante los periodos críticos de carga para la flota principal. Este desafío busca satisfacer tanto las necesidades de carga de la flota principal (que pertenece al propietario y promotor de dicha infraestructura de carga) como las de terceros usuarios y maximizar la eficiencia operativa de la infraestructura compartida.

Viabilidad técnica

Determinar la viabilidad técnica en la infraestructura privada, abierta al público en ciertos horarios, es clave para **explorar el potencial del mercado con el cual es compatible y se podría compartir esta infraestructura**.

La capacidad de adaptación de la infraestructura a diferentes **sistemas de carga** es un factor importante en este análisis. Dado que la infraestructura se desarrolla considerando las características de los vehículos para la flota principal, se debe **evaluar si esta tecnología puede adaptarse eficientemente a las necesidades de carga de vehículos externos**. Por ejemplo, puede existir infraestructura equipada con pantógrafos, utilizados comúnmente en sistemas de carga rápida para buses eléctricos. Estos sistemas consisten en un brazo extensible montado en el techo del vehículo, que se conecta a una infraestructura de carga aérea mediante un mecanismo de despliegue. Los cargadores convencionales, como los utilizados para vehículos particulares, suelen tener conectores diferentes y podrían no ser compatibles con el mecanismo específico de conexión de un pantógrafo.

Además, entornos de infraestructura compartida, donde se busque la compatibilidad entre distintos tipos de vehículos, se debe evaluar el **grado de interoperabilidad** para garantizar la conexión fluida de diferentes vehículos. Esto implica analizar los protocolos de carga, protocolos de comunicación y estándares específicos de distintos fabricantes y modelos de vehículos, para entender su capacidad de utilizar los mismos puntos de carga e integrarse con la infraestructura existente.

Un aspecto complementario es **verificar el funcionamiento y la compatibilidad de los cargadores** utilizados, para garantizar que la infraestructura pueda ofrecer un servicio confiable y seguro para los usuarios. La verificación constante del estado operativo y la compatibilidad de los cargadores es esencial para evitar interrupciones en el servicio y asegurar una experiencia de carga eficiente y sin contratiempos. Esto incluye asegurarse de que los cargadores sean adecuados para los vehículos que acceden a la infraestructura, evitando problemas de incompatibilidad que puedan afectar la eficiencia y la confiabilidad de la carga. En conjunto, estos elementos contribuyen a resguardar la integridad de la infraestructura de carga y de los vehículos que hacen uso de ella.

Aspectos logísticos

En cuanto a los aspectos logísticos, es esencial evaluar las características del **espacio físico disponible** en la infraestructura, considerando tanto la cantidad como el tamaño y peso de los vehículos. La revisión de las **vías de acceso** es fundamental para asegurar la accesibilidad a la infraestructura, mientras que la evaluación de los **radios de giro** es importante para identificar la maniobrabilidad adecuada de los vehículos. También, identificar la **disponibilidad y disposición de carriles** en la infraestructura contribuye a revisar una entrada y salida fluida de los vehículos, optimizando la operación y minimizando posibles congestiones. Idealmente, la infraestructura mantendría vías de acceso, carriles y cargadores de uso exclusivo para la flota principal, mientras asigna carriles y equipos secundarios para el resto de los vehículos.

En conjunto, estos aspectos también son factores determinantes para identificar potenciales usuarios con los que se podría compartir la infraestructura. Por ejemplo, una infraestructura diseñada originalmente para flotas de vehículos livianos, como taxis, probablemente carezca de la capacidad necesaria para acomodar buses de 12 metros de longitud y 16 toneladas. En contraste, una infraestructura dimensionada para atender las necesidades de buses más grandes podría abrirse a vehículos más pequeños. Del mismo modo, dependiendo del diseño original de la infraestructura, la capacidad en términos del número de cargadores o espacios de parqueo puede no ser suficiente para abastecer las necesidades de una flota completa.

Otro componente logístico es la consideración de las **frecuencias de operación**, ya sea en flotas con rutas fijas o variables. Asegurar que la demanda de carga pueda ser cubierta en sincronía con los horarios y necesidades específicas de la flota principal es esencial para **evitar afectar el servicio de los vehículos principales y mantener la regularidad de las rutas establecidas**.

Aspectos operacionales

En línea con lo mencionado en los anteriores aspectos, es necesario establecer procedimientos claros que otorguen preferencia a los vehículos de la flota principal durante sus periodos críticos de carga, por lo cual se deben definir **protocolos de priorización de carga** para asegurar la disponibilidad y eficiencia de la infraestructura para la flota principal, sin comprometer la accesibilidad para otros usuarios. Este aspecto no se limita simplemente a establecer un orden de uso, sino que implica la capacidad del sistema para asignar prioridad efectiva. Por ejemplo, en situaciones en las que coincidan vehículos de flota principal y vehículos secundarios que requieran utilizar el mismo cargador, el software debe ser capaz de **asignar la potencia de manera preferente al vehículo principal, incluso si ambos vehículos están físicamente conectados al cargador**. Esto puede implicar asignar la potencia total o parcialmente, por ejemplo, 90% al vehículo de la flota principal y 10% al vehículo secundario.

Entendiendo que la interrupción o disminución de la potencia de carga asociado a la priorización de las flotas principales puede impactar en la percepción del servicio por parte de los usuarios, es importante la evaluación

de **sistemas de reservas** que les permita programar espacios y tiempos específicos para la carga. Esto contribuiría a optimizar los tiempos de carga y evitar congestiones y conflictos en la utilización de la infraestructura.

El potencial de compartir infraestructura privada e implementar protocolos de priorización y sistemas de reservas, también dependería del uso de un **software de identificación de vehículos** y de las características específicas de estos. La infraestructura compartida debería contar con un sistema robusto que tenga la capacidad de distinguir entre vehículos de la flota principal y vehículos secundarios, autorizarle el acceso a la carga y **medir de manera precisa el consumo de cada entidad**. Esta información no solo contribuirá a gestionar correctamente los recursos, sino que también servirá como base para facturar conforme a las tarifas aplicables.

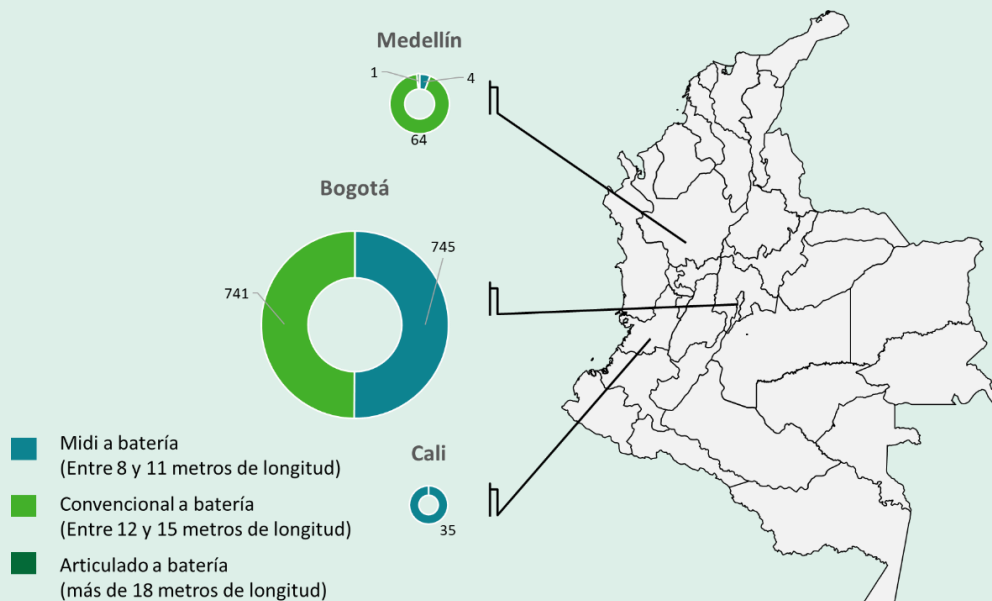
Oportunidades de uso en Colombia⁸⁷

En Colombia, desde el **Fondo de Ascenso Tecnológico** se promueve la transición energética y modernización de flotas de taxis y vehículos de transporte público. Además, en el corto plazo, las siete ciudades con Sistema Integrado de Transporte Masivo deberán garantizar que un porcentaje de los vehículos utilizados para la operación de las flotas, sean eléctricos o de cero emisiones. Esto abre una **ventana de oportunidad para la utilización de la infraestructura construida para esas flotas** por parte de terceros.

Por ejemplo, en el caso de los buses, para la operación de Transmilenio, **en Bogotá existen 6 patios con aproximadamente 412 cargadores**. Por su parte, Medellín cuenta con un **Centro Logístico de Transporte** con sedes en Fátima y Universidad de Medellín, para cargar líneas de Metroplús a través de 10 cargadores. Finalmente, Cali cuenta con aproximadamente **13 estaciones para la carga de buses** de Metrocali MIO.

Para el caso de los taxis, en Bogotá existen por lo menos 34 cargadores ubicados en 4 estaciones de carga.

Figura 33: Ciudades en Colombia con flotas de buses eléctricos (2023)



Fuente: análisis Deloitte, E-Bus Radar

⁸⁷ (Alcaldía de Medellín, 2022) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021) (Enel X, 2022) (Diario El Espectador, 2023) (E-Bus Radar, 2023)



Experiencias internacionales: infraestructura privada, abierta al público⁸⁸

Finlandia: Piloto de ciudades sostenibles “MySmartLife” en Helsinki⁸⁹

2018

En la búsqueda de convertirse en una ciudad neutral en carbono, Helsinki, Finlandia, reconoce el papel fundamental de una infraestructura de carga extensa para el transporte eléctrico. La ciudad ha implementado sistemas de carga dedicados para sus autobuses eléctricos. Sin embargo, existe una brecha para estaciones de carga que atiendan a las flotas de mantenimiento, camiones logísticos comerciales y otros vehículos comerciales.

Para abordar esta brecha, Helsinki ha emprendido una acción transformadora para modificar dos estaciones de carga existentes para autobuses eléctricos. **La modificación implica equiparlas con cargadores adicionales de alto rendimiento (~100 kW) del tipo CCS**, ampliando las capacidades para facilitar las necesidades de carga de la flota de mantenimiento y los vehículos logísticos.

Una consideración clave en esta iniciativa es la planificación meticulosa del uso compartido para evitar interrupciones en las operaciones de diferentes grupos de usuarios, priorizando especialmente las necesidades del transporte público. La ubicación de carga para la carga con enchufe se separó del punto de carga para autobuses eléctricos que utiliza pantógrafo para optimizar el proceso.

En la práctica, **se otorga acceso prioritario a los autobuses eléctricos a la potencia de carga disponible. Cuando un autobús eléctrico inicia la carga, la sesión de carga en la interfaz de carga externa se pausa temporalmente. Una vez que el autobús completa su carga, la sesión se reanuda automáticamente para el vehículo externo.** Este manejo sin problemas garantiza que los operadores de vehículos externos experimenten un proceso de carga fluido sin intervención manual.

Las sesiones de carga para vehículos externos se gestionan de manera inteligente, con interrupciones cuando llega un autobús para cargar. Dado que las sesiones de carga de autobuses son típicamente cortas (4-5 minutos) en comparación con los vehículos externos (30-45 minutos), las interrupciones durante las horas no pico dejan suficiente capacidad excedente para compartir con usuarios externos.

Los nodos de carga para vehículos comerciales se implementaron en las estaciones de carga de autobuses existentes en Hakaniemi y Vuosaari. Mientras que Vuosaari sirve principalmente como una ubicación de carga de respaldo para autobuses, Hakaniemi está diseñada para un uso compartido genuino. Las instalaciones enfrentaron desafíos para obtener permisos y experimentaron retrasos debido a la pandemia global. Sin embargo, ambos nodos de carga se pusieron en funcionamiento en enero de 2021.

Para mejorar el monitoreo y la evaluación del proyecto, los datos de los cargadores se integran en la plataforma de datos urbanos de Helsinki a través del sistema interno de Plugit Finland, el operador de carga. Esta integración facilita el seguimiento de las métricas operativas y la producción de indicadores clave de rendimiento para el proyecto.

⁸⁸ Ilustrativo, no exhaustivo.

⁸⁹ (My Smart Life, s.f.)

China: Buses en Shenzhen ⁹⁰

2018 – Operación actual

La transición exitosa de la flota de autobuses de Shenzhen a la electrificación no solo se centró en los vehículos sino también en la infraestructura de carga, crucial para garantizar la operación continua y eficiente de los autobuses eléctricos. Aquí se detallan algunos aspectos clave:

- **Desarrollo de estaciones de carga:** Shenzhen abordó la falta de infraestructura de carga mediante la planificación y construcción de estaciones de carga estratégicamente ubicadas en rutas clave. Colaborando estrechamente con proveedores de infraestructura, se garantizó una cobertura eficiente para los autobuses eléctricos.
- **Proporción carga-autobús optimizada:** La ciudad logró una relación eficiente entre las tomas de carga y el número de autobuses eléctricos, con una proporción de 1:34. Esta proporción permitió una carga simultánea sin interrupciones significativas en el servicio, asegurando que los autobuses estén listos para operar durante las horas pico.
- **Coordinación de tiempos de carga:** Para maximizar la eficiencia y minimizar los costos, los operadores coordinaron los tiempos de carga con el horario de operación. La recarga completa se realizó durante la noche cuando los precios de la electricidad eran más bajos, y las recargas adicionales se llevaron a cabo en las terminales durante las horas de menor demanda.
- **Acceso de vehículos privados a las estaciones de carga:** Para mejorar la rentabilidad de la infraestructura de carga, Shenzhen permitió el acceso de vehículos privados a las instalaciones de carga, generando ingresos adicionales y contribuyendo al rendimiento financiero global.

La implementación efectiva de esta infraestructura de carga fue esencial para el éxito de la flota de autobuses eléctricos en Shenzhen, estableciendo un modelo a seguir para otras ciudades que buscan electrificar sus sistemas de transporte público.

⁹⁰ (World Resources Institute, s.f.)

Reino Unido: infraestructura de *First Bus* con espacios abiertos al público⁹¹

2023 – Actual

First Bus ha implementado un concepto innovador en el Reino Unido al **inaugurar el primer centro de carga para consumidores**, destacando el papel esencial de la infraestructura compartida en la transición hacia vehículos eléctricos. Ubicado en Summercourt, Cornualles, **este centro ofrece ocho puntos de carga rápida públicos diseñados específicamente para vehículos eléctricos de los consumidores**, con la capacidad de cargar completamente un automóvil familiar en menos de 30 minutos.

Este centro de "encendido y carga" **opera en un formato de pago por uso**. Su ubicación a lo largo de una ruta turística clave se orienta a abordar la ansiedad de los turistas que viajan por la zona, brindando acceso a una infraestructura de carga eléctrica rápida y eficiente.

La iniciativa responde a la estrategia de descarbonización de First Bus y su compromiso de operar una flota completamente de cero emisiones para 2035. Más allá de los beneficios para la empresa, el centro de carga representa un paso significativo hacia la facilitación de la transición a vehículos eléctricos en la comunidad local y más allá.

Este centro de carga innovador no solo atiende a la comunidad local, sino que también fomenta la adopción de vehículos eléctricos al ofrecer instalaciones de carga rápida de fácil acceso. Su formato de pago por uso y su ubicación estratégica subrayan la importancia de la infraestructura compartida para superar las barreras en la adopción de vehículos eléctricos, al tiempo que mejora la calidad del aire local.

Además, la accesibilidad del centro para empresas locales destaca la versatilidad de la infraestructura compartida, brindando oportunidades para múltiples sectores. Este enfoque integral en la infraestructura de carga contribuye de manera significativa a la visión de un transporte más sostenible en el Reino Unido, resaltando el potencial de iniciativas similares para impulsar la adopción generalizada de vehículos eléctricos.

⁹¹ (Sustainable Bus, s.f.)

China: flota de taxis Pengcheng Electric Taxi (PET) accede a infraestructura privada y también abre la suya⁹²

2021

En Shenzhen, China, Pengcheng Electric Taxi (PET), una subsidiaria de Shenzhen Bus Group, ha implementado una estrategia innovadora para maximizar la utilización de la infraestructura de carga. La combinación del uso de estaciones de carga, abiertas tanto para flotas de taxis como para otros vehículos eléctricos, se ha convertido en un enfoque rentable y eficiente.

La colaboración efectiva con operadores y conductores es esencial para este modelo. La infraestructura de carga se pone a disposición de diversos vehículos eléctricos, como autobuses y bicicletas eléctricas, permitiendo un uso compartido que reduce costos y optimiza la eficiencia. La asociación con otros operadores de estaciones de carga en Shenzhen ha facilitado el acceso a puntos de carga convenientes, eliminando la necesidad de que los conductores se desplacen a estaciones específicas.

- **Aprovechamiento de Infraestructuras Existentes:** PET busca maximizar el uso de las infraestructuras existentes para limitar costos. Esto incluye acuerdos con propietarios privados de terrenos o aparcamientos, reduciendo así la necesidad de ocupar espacio público.
- **Interoperabilidad y Eficiencia:** Se promueve la interoperabilidad de hardware y software para ofrecer a los conductores acceso a una variedad de puntos de recarga a través de una sola suscripción. Esto limita la dependencia técnica del operador y mejora la eficiencia del sistema.
- **Asociación con Otros Operadores:** PET ha establecido acuerdos para que los taxistas accedan a estaciones de carga de propiedad privada, como centros comerciales y de negocios. Esto beneficia a los conductores con tarifas más bajas, fomentando un mayor uso de la infraestructura.
- **Iniciativa Privada para la Construcción de Estaciones de Carga:** Shenzhen Bus Group y PET han demostrado un compromiso a largo plazo con la electrificación. Han construido y mejorado continuamente sus propias estaciones de carga, clasificadas según la ubicación y los servicios disponibles para conductores y pasajeros.

Esta iniciativa muestra que la combinación del uso de la infraestructura de carga puede ser una estrategia exitosa, fomentando la transición a vehículos eléctricos de manera sostenible y eficiente en costos.

⁹² (Unión Internacional de Transporte Público, s.f.)

Ecuador: BYD construye *Hub* de carga para sus flotas, con espacios adicionales a vehículos públicos⁹³

2019 – Operación actual

En Ecuador se inauguró la electrolinera más grande del país para buses y taxis en Guayaquil. Con una inversión privada de USD 600 mil, esta infraestructura fue construida en un terreno cedido por el Gobierno Nacional en un esfuerzo conjunto entre la Empresa Pública Municipal de Tránsito de Guayaquil (ATM), la compañía de autos eléctricos BYD y el Estado.

La infraestructura, ubicada en un terreno de 5 mil metros cuadrados, alberga 20 cargadores rápidos con conectores CCS y con una potencia total instalada de 1 megavatio, capaces de cargar de 0% a 100% la batería de un auto en 1,15 horas y de un bus en 3,5 horas, resultando en un estimado de aproximadamente 500 vehículos diarios. Los usuarios podrán acceder al servicio utilizando la aplicación móvil BYD ELECTROLINERA. Esta iniciativa se destaca como una de las más modernas de la región, según Burbano de BYD.

Desde la alcaldía de Guayaquil se anunciaron incentivos financieros para fomentar la transición de buses y taxis de combustión fósil a vehículos eléctricos. La ATM y el Municipio ofrecerán incentivos de hasta USD 15.000 por unidad para buses eléctricos y USD 4.000 por unidad para taxis eléctricos, en un esfuerzo por acelerar la adopción de la movilidad eléctrica.

Desde ATM se destacó la participación del Gobierno en este proyecto, subrayando que la iniciativa generó empleo y promovió el ahorro en subsidios estatales. Además, se resaltó la cooperación con BYD, una compañía con experiencia probada en la electrificación del transporte en Ecuador.

Principales conclusiones y mecanismos habilitadores en el Escenario 1

El éxito sostenido de este modelo de negocio compartido depende crucialmente de una **evaluación periódica** y una estrategia dinámica, para determinar su viabilidad en el mediano o largo plazo. Las flotas interesadas, al considerar este enfoque, deben explorar el potencial de compartir infraestructura de carga con otras flotas, incluso cuando puedan ser competidores en otras áreas del mercado. La colaboración estratégica puede abrir oportunidades significativas.

La clave radica en determinar **cuáles vehículos podrían tener acceso a la infraestructura** de carga compartida. Para ello, es esencial identificar empresas que ya hayan incorporado o planeen integrar vehículos eléctricos en sus flotas, comprendiendo sus necesidades específicas. Este enfoque facilita una adaptación precisa de la infraestructura para satisfacer diversas demandas.

Para mantener la eficacia y prioridad en el uso de la infraestructura, se sugiere implementar **sistemas de reservas y sistemas de monitoreo y control de acceso**. Además, la instalación de **sistemas de medición independiente del consumo** de terceros garantiza transparencia y equidad en el uso compartido.

Una consideración estratégica adicional es la **opción de adaptar la infraestructura**. Si el operador lo encuentra factible, podría **aprovechar su infraestructura para instalar un segundo punto de carga** secundario con menor

⁹³ (Vicepresidencia Ecuador, s.f.)

potencia, orientado a la carga de otros vehículos. Este enfoque flexible permite una mayor versatilidad en el servicio.

Para fomentar la participación y la colaboración, se recomienda el desarrollo de **acuerdos personalizados**. Establecer **tarifas preferenciales**, así como **acceso exclusivo en ciertos momentos del día**, puede ser un incentivo significativo para las flotas que buscan maximizar el rendimiento de su inversión en vehículos eléctricos. Otro elemento puede ser considerar **programas de transición** para ayudar a las empresas en la transición hacia flotas más sostenibles, ofreciendo servicios de consultoría sobre la adopción de vehículos eléctricos, instalación de infraestructura de carga en las instalaciones de la empresa y otros aspectos relacionados con la movilidad sostenible.

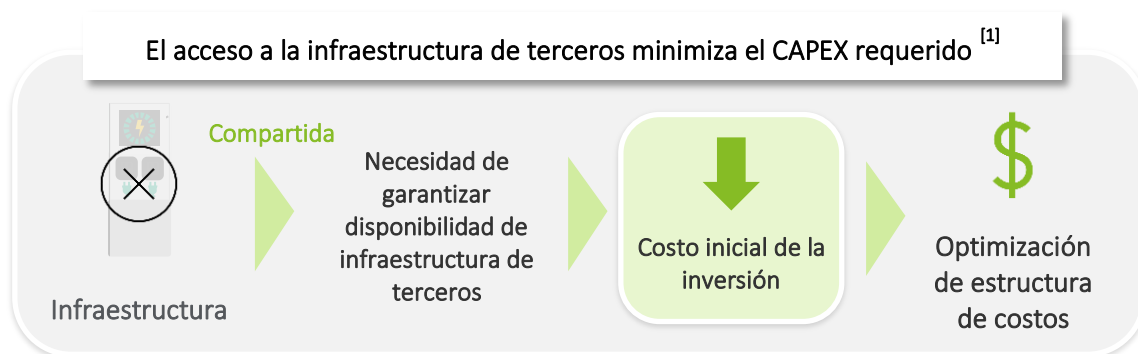
En el contexto específico de **buses**, la **colaboración entre varias flotas de buses** para compartir una infraestructura centralizada se presenta como una opción viable dada la similitud en tamaño y características de estos vehículos.

Por último, para los **taxis y vehículos de transporte livianos**, la apertura de infraestructura privada al público se percibe como una oportunidad valiosa, especialmente al considerar que comparten similitudes con los vehículos particulares comúnmente utilizados en Colombia. Además, se sugiere la posibilidad de priorizar, mediante mecanismos de financiación, la infraestructura para taxis que pueda ser compartida con el público en general.

En resumen, el modelo de infraestructura privada que se abre al público en ciertos horarios ofrece una estrategia innovadora para impulsar la adopción de vehículos eléctricos y la movilidad sostenible. La clave para su éxito a largo plazo reside en una evaluación continua y una adaptabilidad estratégica, fomentando la colaboración entre flotas, incluso cuando compiten en otros aspectos del mercado. La identificación precisa de las necesidades de las flotas y la implementación de sistemas de reservas y monitoreo de acceso son fundamentales para mantener la eficiencia y equidad en el uso compartido. La flexibilidad en la adaptación de la infraestructura, la implementación de acuerdos personalizados y la consideración de programas de transición son elementos esenciales para incentivar la participación y la transición hacia flotas más sostenibles. Para el caso de buses, la colaboración centralizada entre flotas se presenta como una opción viable, mientras que, para taxis y vehículos livianos, la apertura de infraestructura privada al público emerge como una valiosa oportunidad, destacando la posibilidad de financiamiento para infraestructuras compartidas.

2. Escenario 2: Propietario de flota sin infraestructura de carga

En el segundo escenario, donde la empresa es propietaria de la flota, pero carece de infraestructura de carga, la estrategia también busca optimizar la estructura de costos, pero enfocado en **minimizar los costos iniciales de inversión**. Buscando garantizar la carga de su flota, la empresa opta por acceder a infraestructura pública que se reserva en ciertos horarios. El acceso a la infraestructura de terceros minimiza el capital inicial requerido.



^[1] Desde el punto de vista del propietario de la flota.

Además de responder a consideraciones financieras, este tipo de modelos compartidos también aportan en el impulso del despliegue de movilidad eléctrica, pues **optimizan la utilización de los puntos de carga existentes** y, actúan como catalizadores para incentivar aún más la electrificación de flotas, **contribuyendo al cierre financiero de los negocios mediante el aumento de la demanda**.

Ahora bien, este escenario de infraestructura compartida también se presentan retos asociados con aspectos técnicos, logísticos y operativos que influyen directamente en la optimización de este modelo:

Disponibilidad de la infraestructura

En el contexto de la infraestructura pública que se reserva en ciertos horarios, la disponibilidad de esta se convierte en un aspecto clave. Dada la naturaleza pública y compartida de los puntos de carga, **la flota interesada típicamente asume el papel activo de buscar la infraestructura que mejor se adapte a las necesidades de sus vehículos**, sin embargo, para lograr una gestión eficiente de la carga, tanto el propietario de la flota como el propietario de la infraestructura deben colaborar estrechamente.

La flota interesada debe establecer con precisión los **momentos críticos de carga de sus vehículos**, identificando las ventanas de tiempo en las que la demanda es más alta, horarios específicos y cualquier otro factor que influya en la carga de los vehículos de la flota. Simultáneamente, el propietario de la infraestructura pública debe realizar un análisis similar para los vehículos particulares que utilizan la infraestructura en esos horarios específicos. La colaboración entre ambas partes es esencial para llegar a acuerdos que permitan compartir eficientemente estos momentos críticos, garantizando la **disponibilidad de la infraestructura cuando más se necesita para la flota, sin comprometer los periodos de mayor demanda por parte de particulares**.

En línea con lo anterior, la implementación de **protocolos y jerarquías de uso** se convierte en una herramienta valiosa para gestionar la infraestructura compartida. Establecer reglas claras sobre la priorización de la carga,

otorgando preferencia a los vehículos de la flota en sus momentos críticos, contribuirá a evitar conflictos y asegurar un acceso equitativo. Este proceso implica una **comunicación transparente y efectiva entre ambas partes**, así como la **divulgación** clara de las prioridades en ciertos horarios entre todos los usuarios. De esta manera, se logra una gestión eficiente de la infraestructura pública, beneficiando tanto a la flota como a otros usuarios. **Es relevante que, en todo este proceso, a pesar de que se reserve la infraestructura pública en ciertos horarios, la percepción del usuario general siga siendo que la infraestructura es accesible “sin restricciones”.**

Viabilidad técnica

La viabilidad técnica es fundamental para asegurar que la infraestructura sea compatible y eficiente para la flota interesada. En ese sentido, el propietario de la flota **debe identificar los sistemas de carga específicos utilizados por sus vehículos** y buscar infraestructura que pueda satisfacer esas necesidades particulares.

Así pues, es necesario que la infraestructura ofrezca versatilidad y capacidad de adaptación para atender las demandas de carga de la flota interesada y otros usuarios. Esto incluye considerar factores como la **compatibilidad con diferentes sistemas de carga, tipos de conectores y niveles de potencia**. En apoyo a este proceso, la colaboración con el propietario de la infraestructura pública es valiosa para analizar la capacidad de su infraestructura para adaptarse a las necesidades técnicas de la flota.

Revisar el **grado de interoperabilidad** para la conexión de los vehículos de la flota es otro factor relevante. El propietario de la flota, en conjunto con el propietario de la infraestructura, debe evaluar los protocolos de carga, protocolos de comunicación y estándares específicos que permitan una integración sin contratiempos. Además, revisar constantemente el **estado operativo de los cargadores** es importante para evitar interrupciones en el servicio que puedan impactar en las rutas de la flota.

Aspectos logísticos

Dada la diversidad de **ubicaciones de la infraestructura pública**, el propietario de la flota debe examinar sus características, examinando si se encuentra en centros comerciales, vías principales, carreteras u otros lugares. La flota interesada debe encontrar **puntos de carga convenientemente ubicados en relación con las rutas planificadas de sus vehículos**. Esto implica considerar parámetros como la accesibilidad, la visibilidad y la conveniencia para **minimizar desvíos significativos** y asegurar una integración fluida con las operaciones diarias de la flota.

De manera similar a la infraestructura de carga privada que se abre al público, en este escenario también se debe evaluar la capacidad del espacio físico disponible, sus vías de acceso y radios de giros.

En el caso del **espacio físico disponible y las capacidades de la estación de carga pública a nivel vehicular**, el propietario de la flota y el propietario de la infraestructura pueden colaborar para determinar si la estación cuenta con la capacidad necesaria para acomodar la cantidad, tamaño y peso de los vehículos de la flota, y así evitar limitaciones físicas que podrían afectar la utilización efectiva de la infraestructura.

La evaluación de las **vías de acceso** y los **radios de giro** permite determinar si los vehículos de la flota pueden acceder y maniobrar de manera eficiente en la infraestructura pública. Este análisis contribuye a asegurar que la utilización de la infraestructura sea fluida y sin complicaciones, evitando posibles congestiones y optimizando la operación.

Aspectos operacionales

En este escenario es importante que existan **protocolos de priorización de cargas en la infraestructura pública**. El propietario de la flota y el propietario de la infraestructura deben evaluar la existencia de procedimientos claros que definan el orden de uso de la infraestructura y la asignación de potencia cuando varios vehículos están conectados simultáneamente al cargador. En caso de existir, también se puede evaluar la posibilidad de mejorar los protocolos existentes. Esto garantiza una utilización eficiente de los recursos y evita conflictos durante la carga.

La implementación de **sistemas de reservas** es crucial para optimizar el uso de los puntos de carga y minimizar los tiempos de espera. Ambas partes deben evaluar la existencia de mecanismos que permitan a la flota programar espacios y tiempos específicos para la carga. Esto contribuye a evitar congestiones y conflictos en la utilización de la infraestructura, asegurando una experiencia de carga eficiente.

El propietario de la flota y el propietario de la infraestructura deben revisar la existencia de **software de identificación de vehículos** robusto y preciso. Este software debe ser capaz de distinguir entre los vehículos de la flota y otros usuarios, autorizar el acceso a la carga y **medir de manera** precisa el consumo de cada entidad. Esta información no solo contribuye a gestionar eficientemente los recursos, sino que también sirve como base para facturar conforme a tarifas específicas aplicables a cada tipo de usuario.

Oportunidades de uso en Colombia⁹⁴

Con base en entrevistas realizadas, hemos identificado *stakeholders* que, dentro de sus objetivos de mercado, consideran incluir las **flotas y la infraestructura que requieren**. En este sentido dependiendo de las necesidades y requisitos del cliente, **adaptan el modelo a infraestructura ubicada en patios privados o en puntos estratégicos sobre la ruta**.

Además, observamos un incremento en el potencial de demanda de este tipo de infraestructura compartida, considerando la creciente electrificación de vehículos de transporte. Por ejemplo, *en 2023, la empresa mexicana VEMO lanzó “Comfort Electric”, que consiste en una nueva opción de arrendamiento de vehículos 100% eléctricos a través de la aplicación de Uber en Bogotá*.

Con base en algunas notas de prensa, ciertos segmentos del transporte carretero han manifestado sus necesidades de infraestructura de carga:

“Colombia debe tener más fuentes de carga para (...) vehículos en las ciudades y carretera nacionales, para que así las empresas, o personas interesadas, compren más de estos vehículos (...).”

Nota de prensa, Entrevista al presidente de Andemos y Gerente General BYD, 2024

“El segmento de vehículos eléctricos de carga ha decrecido 69,9% por falta de puntos de carga y elevadas tasas de interés”.

Nota de prensa, Diario La República, 2024

⁹⁴ (VE Movilidad, s.f.) (Uber Newsroom, 2023) (Diario La República, 2024)



Experiencias internacionales: infraestructura pública, reservada a privados⁹⁵

Países Bajos: *Hub* de movilidad en el Aeropuerto Schiphol de Ámsterdam⁹⁶

Operación actual

Schiphol es uno de los *Hubs* más grandes del sistema de transporte público en los Países Bajos y, además de atender a pasajeros, proporciona infraestructura de carga abierta al público. Esta infraestructura beneficia tanto a las flotas propias del aeropuerto como a las flotas externas de eTaxis y eBuses que operan en la zona. Estas flotas se componen de taxis y autobuses eléctricos que transportan pasajeros, contribuyendo así a mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones en el área.

MRA-E ha brindado asesoramiento a las empresas de taxis sobre los beneficios de los vehículos eléctricos y ha facilitado la instalación de puntos de carga designados en toda la zona local. Actualmente, más de 1.500 taxis eléctricos prestan servicio en la ciudad de Ámsterdam y en el Aeropuerto de Schiphol. Entre estas flotas, Taxi Electric, fundada en 2011, se destaca como la primera compañía de taxis en Europa con una flota completamente eléctrica.

Taxi Electric, con su flota compuesta íntegramente por vehículos eléctricos, promueve la demanda de transporte eléctrico con el objetivo de hacer todo el mercado de taxis completamente sostenible. La compañía cuenta con varios puntos de carga rápida que suministran exclusivamente electricidad "verde" generada a partir de fuentes sostenibles.

La Autoridad del Aeropuerto de Schiphol en Ámsterdam ha establecido estrictos requisitos de sostenibilidad para las empresas de taxis que deseen operar en el lugar. Empresas como BIOS Group y BBF Schipholtaxi, que han obtenido concesiones para operar en el Aeropuerto de Schiphol, han sido seleccionadas con base en criterios de sostenibilidad. Estas empresas poseen una flota combinada de 167 vehículos Tesla, respaldando la visión de Schiphol de posicionarse entre los tres aeropuertos más sostenibles del mundo.

Actualmente, la mayoría de los taxis eléctricos operan en Schiphol y Ámsterdam, donde se logra el mayor volumen de negocios y hay espacio financiero para inversiones.

⁹⁵ Ilustrativo, no exhaustivo.

⁹⁶ (Schiphol Airport, s.f.)

China: estudio del uso de infraestructura pública por eTaxis⁹⁷

2022

Según el "Libro blanco sobre el comportamiento de carga de los usuarios de vehículos eléctricos en China 2021", publicado por la Alianza de Promoción de Infraestructura de Carga de Vehículos Eléctricos de China (EVCIPA), para octubre de 2021, operaban en todo el país alrededor de 1.1 millones de estaciones de carga públicas, de las cuales casi el 40 % eran estaciones de carga rápida de corriente continua (CC). **La preferencia por parte de la mayoría de los conductores de taxis es utilizar las columnas de carga rápida de corriente continua en espacios públicos debido al ahorro de tiempo que proporcionan.**

Aproximadamente el 80% de los conductores de taxis cargan sus vehículos en menos de una hora, y un tercio completa el proceso de carga en menos de 30 minutos. Con el objetivo de reducir los tiempos de espera y evitar la pérdida correspondiente de ingresos, en el 90% de los casos, las baterías no se cargan completamente, y el 40% de los conductores de taxis cargan sus vehículos con menos de 20 kWh.

Frecuentemente, los taxis se cargan durante la noche, entre la medianoche y las 6 a.m., cuando hay menos clientes y, por lo tanto, menos demanda de sus servicios. Este comportamiento busca optimizar el tiempo de carga y minimizar el impacto en la disponibilidad del vehículo durante las horas pico de operación.

Este modelo ya es suficientemente atractivo para el gremio taxista en China, aun sin tener capacidad de reserva.

España: uso de infraestructura pública por eTaxis y Vehículos de Transporte con Conductor (VTC)⁹⁸

Operación actual

En Barcelona, se ha implementado una **red de puntos de carga en todo el territorio metropolitano, que no solo está abierta al público en general sino también accesible específicamente para los taxis eléctricos.** Además, se han establecido dos puntos de carga rápida exclusivos destinados específicamente para los eTaxis, proporcionando así una solución eficiente para la carga rápida de estos vehículos.

Adicionalmente, algunos de los puntos de carga incluyen estacionamientos o espacios exclusivos designados específicamente para taxis, lo que facilita aún más el acceso y la carga para los eTaxis.

Por otro lado, a nivel país, las empresas de transporte Cabify (VTC) y Freenow (taxis) están llevando a cabo la electrificación de sus flotas como parte de sus esfuerzos hacia la sostenibilidad. Ambas compañías han establecido acuerdos estratégicos con importantes promotores de infraestructura de carga, en particular, con Iberdrola y Repsol.

Estos acuerdos permiten a Cabify y Freenow acceder a las redes de carga pública de Iberdrola y Repsol, respectivamente, utilizando las aplicaciones de los promotores. Además, se ofrecen **descuentos significativos** a estas empresas de transporte por utilizar la infraestructura de carga de estos proveedores.

⁹⁷ (Sociedad Alemana de Cooperación Internacional, s.f.)

⁹⁸ (Prensa Europea, s.f.)

Estados Unidos: red de carga rápida Hertz y BP, para flotas livianas y público en general⁹⁹

2023 – En desarrollo

Hertz y BP, empresas privadas, han anunciado su intención de desarrollar una red nacional de infraestructura de carga rápida para vehículos eléctricos con el objetivo de acelerar su adopción. La colaboración entre Hertz y BP tiene como objetivo implementar puntos de carga en las ubicaciones de Hertz en todo Estados Unidos, abarcando importantes ciudades como Atlanta, Austin, Boston, Chicago, Denver, Houston, Miami, Nueva York, Orlando, Phoenix, San Francisco y Washington, DC.

Estos puntos de carga estarán ubicados estratégicamente para servir a conductores de servicios de transporte compartido y taxis, clientes de alquiler de automóviles y el público en general en lugares de alta demanda, como aeropuertos. Se espera que varias instalaciones incluyan grandes centros de carga conocidos como "gigahubs". Como parte de sus planes, BP tiene la intención de invertir \$1 mil millones en infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Estados Unidos para el año 2030.

El objetivo de Hertz es electrificar el 25% de su flota para fines de 2024, lo que representa un paso significativo hacia la transición hacia vehículos más sostenibles y la expansión de la infraestructura de carga eléctrica en ubicaciones estratégicas en todo el país.

Chile: eTaxis con carga domiciliaria y uso en ruta de carga pública¹⁰⁰

2021 – Actual

El programa "Mi Taxi Eléctrico", desarrollado por el Ministerio de Energía y la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), busca fomentar la adopción de vehículos eléctricos en el sector de taxis básicos en Chile.

El programa ofrece apoyo financiero a los propietarios de taxis básicos para que cambien a vehículos eléctricos, así como financiamiento para la instalación de cargadores eléctricos domiciliarios Copec Voltex.

Los cargadores domiciliarios Copec Voltex tienen una potencia de 7kW y pueden cargar un auto en 5 o 6 horas. Además, cuentan con una aplicación para gestionar la carga y generar informes sobre el consumo de energía y los costos. Copec Voltex también ofrece una red de carga en estaciones de servicio y espacios públicos, facilitando la carga de los vehículos eléctricos en ruta.

Principales conclusiones y mecanismos habilitadores en el Escenario 2

En primer lugar, se destaca la importancia de evaluar el potencial del desarrollo de este modelo de infraestructura compartida. A nivel internacional, esta práctica ha sido ampliamente implementada, sugiriendo que su adaptación y aplicación en Colombia podría ofrecer beneficios significativos.

⁹⁹ (The White House, s.f.)

¹⁰⁰ (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2024)

Una estrategia clave es explorar el **establecimiento de Hubs de movilidad equipados con diversas opciones de carga**, diseñadas para satisfacer las necesidades específicas de vehículos típicamente compatibles en términos de tamaño y peso. Este enfoque permite optimizar la utilización de la infraestructura y brinda una solución integral a las flotas interesadas.

La **identificación de empresas que planean incorporar vehículos eléctricos en sus flotas y que carecen de infraestructura de carga** ofrece una oportunidad para la expansión de esta práctica. Establecer convenios con estas empresas podría potenciar el uso compartido de la infraestructura y garantizar su máxima eficiencia.

La implementación de un **sistema de reservas** que respete los horarios de carga de los vehículos proporciona una solución práctica para evitar conflictos y optimizar la disponibilidad de la infraestructura. Asimismo, desarrollar protocolos claros y jerarquías de uso contribuye a una gestión eficiente y ordenada. Sin perjuicio de las reservas, es importante **que la infraestructura siga manteniendo su carácter “público”**, ofreciendo disponibilidad para los usuarios particulares.

La instalación de **software de identificación de vehículos**, junto con **mediciones independientes del consumo**, fortalece la transparencia y el control de acceso, elementos esenciales para el buen funcionamiento de la infraestructura compartida.

Ofrecer acceso preferencial a la infraestructura de carga compartida en horarios específicos y establecer **tarifas preferenciales** para los usuarios privados que participen en acuerdos de convenio son estrategias que incentivan la adopción de este modelo.

En cualquier escenario, se recomienda considerar las **normativas de carga y seguridad vial**. Cumplir con las normativas locales de carga máxima permitida es esencial para garantizar la seguridad vial y la integridad de la infraestructura.

Se reconoce que, para el caso de los buses, utilizar infraestructura pública puede plantear desafíos en términos de dimensionamiento y capacidad. La carga y descarga frecuente de vehículos pesados puede requerir áreas específicas de infraestructura de carga diseñadas para soportar cargas más pesadas y operaciones más intensivas.

Sin embargo, para los taxis, esta práctica se recomienda ampliamente, sugiriendo una oportunidad valiosa para la transición hacia la movilidad eléctrica en el sector de transporte liviano.

En conclusión, la adopción de un modelo de infraestructura pública reservada a privados en Colombia presenta una oportunidad estratégica para fomentar la transición hacia la movilidad eléctrica. La experiencia internacional demuestra la viabilidad y eficiencia de este enfoque, particularmente al considerar la implementación de Hubs de movilidad adaptados a las necesidades específicas de flotas. La colaboración con empresas interesadas en la incorporación de vehículos eléctricos, junto con la implementación de sistemas de reservas y tarifas preferenciales, puede maximizar la eficiencia y la participación privada. Es crucial establecer normativas claras, protocolos de uso y medidas de seguridad vial para garantizar el éxito y la integridad de esta iniciativa. Aunque existen desafíos potenciales, especialmente para vehículos más pesados, como autobuses, la implementación para taxis se presenta como una oportunidad para avanzar hacia una movilidad eléctrica sostenible en el sector de transporte liviano.

3. Principales conclusiones identificadas sobre el uso potencial de infraestructura de carga para comercializar servicios a transporte público

Después de analizar ambos escenarios, se pueden extraer varias conclusiones clave. En primer lugar, se destaca la importancia de **evaluar el potencial del desarrollo de los modelos de infraestructura compartida en Colombia**. A nivel internacional, esta práctica ha mostrado ser ampliamente acogida, sugiriendo que su adaptación y aplicación en el país podría ofrecer beneficios significativos. Entendiendo que ambos modelos podrían ser beneficiosos bajo ciertas características y condiciones, en aras de **priorizar los esfuerzos** realizados a nivel país, **se identifica una oportunidad estratégica al priorizar el modelo de infraestructura privada abierta, especialmente dirigida al esperado despliegue de taxis eléctricos**.

Al enfocarse específicamente en el despliegue de taxis eléctricos, se toma en consideración el análisis técnico, logístico y operacional previamente realizado, incluyendo su facilidad para acceder a infraestructuras privadas, incluso si han sido dimensionadas para otro tipo de flotas. Los taxis, al ser vehículos livianos y de uso intensivo, **son una opción estratégica para la electrificación del transporte público en Colombia**. Además, suelen recorrer distancias significativas diariamente, convirtiéndolos en candidatos ideales para maximizar el impacto positivo de la movilidad eléctrica. Por otro lado, **la infraestructura privada abierta al público ofrece una solución eficiente y escalable**, ya que permite una utilización óptima de los recursos existentes.

Esta elección estratégica se alinea particularmente bien con las oportunidades proporcionadas por el **Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico**¹⁰¹, pues en este Fondo gubernamental se estiman unos recursos destinados, entre otras, a la construcción y el desarrollo de la infraestructura para el abastecimiento energético y a implementar programas de modernización del parque automotor de taxis con tecnologías de bajas y preferiblemente cero emisiones.

Al priorizar la implementación de infraestructura privada, abierta a flotas de taxis eléctricos, se potencia la adopción de esta tecnología en el servicio de transporte individual, cumpliendo así con uno de los objetivos del fondo. De esta manera, no solo se maximiza la eficiencia operativa de la infraestructura, sino que también se fomenta la participación activa de diferentes actores en el proceso de transición hacia la electromovilidad.

Esta se presenta como una **oportunidad de ampliar el alcance y maximizar el rendimiento del Fondo de Ascenso Tecnológico, manteniéndose dentro de sus objetivos**¹⁰², pues se financiaría y respaldaría específicamente la infraestructura destinada para flotas de transporte, con el valor agregado de compartirla para impulsar la electrificación de los taxis.

¹⁰¹ En diversas entrevistas llevadas a cabo con *stakeholders*, se ha revisado el potencial de este fondo para la electrificación de vehículos eléctricos y despliegue de infraestructura de carga.

¹⁰² En el marco de la Ley 2294 de 2023, algunas de las subcuentas que conforman el Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico son “Movilidad bajas y preferiblemente cero emisiones para los Sistemas de Transporte Público de Pasajeros Cofinanciados por la Nación”, que son recursos que serán destinados a la generación de estructuras y/o esquemas de financiación que permitan la adquisición de vehículos automotores nuevos con estándares de bajas y preferiblemente cero emisiones, así como a la construcción y el desarrollo de la infraestructura para el abastecimiento energético; y otra subcuenta específica de “Modernización del parque automotor que preste el servicio de transporte individual en vehículo tipo taxi”, que son recursos que serán destinados a implementar programas de modernización de dicho parque automotor con tecnologías de bajas y preferiblemente cero emisiones. Adicionalmente, existen otras subcuentas denominadas “Modernización de transporte de carga liviana y volquetas de nivel nacional” y “Modernización de transporte de carga pesada”, sin embargo, abarcan otro segmento específico de vehículos.

Para garantizar el éxito sostenido de este modelo, se sugiere **fomentar conversaciones¹⁰³ entre distintas flotas** de transporte de buses y taxis para **identificar oportunidades de colaboración actuales o futuras**, para el caso de aquellas flotas que estén planeando incorporar vehículos eléctricos, **considerando los factores de disponibilidad de la infraestructura, viabilidad técnica, aspectos logísticos y operacionales**. Una vez evaluados estos retos, se sugiere establecer acuerdos personalizados con **tarifas competitivas y acceso preferencial en ciertos momentos del día** que hagan atractiva la colaboración para las partes involucradas. De manera transversal, se sugiere implementar en la infraestructura herramientas como **sistemas de reservas, protocolos de comunicación, monitoreo y controles de acceso**, que contribuyan a la flexibilidad del modelo y a una transición suave y adaptada a las necesidades específicas de cada flota.

¹⁰³ La colaboración entre el gobierno, flotas de transporte de pasajeros con infraestructura propia, las flotas de taxis y otros actores clave será fundamental para el éxito de esta iniciativa.

Identificación de posibles modelos de ingresos asociados a la infraestructura de carga

Una vez se ha establecido la estrategia de despliegue de infraestructura de carga pública, así como se han identificado posibles modelos de negocio, en este apartado se identifican diferentes mecanismos de ingresos que típicamente los proveedores de servicio de carga pueden aplicar, con objeto de que los **modelos de negocio que se estructuren sean sustentables y capaces de recuperar los costos acarreados por los agentes**. Este primer punto destaca la importancia de establecer fuentes de ingresos efectivas que respalden la inversión realizada y la operación y mantenimiento de la infraestructura de carga, garantizando así su continuidad y expansión.

Establecer un precio determinado para la carga pública depende de diversos factores: potencia del punto de carga (lenta o rápida, en el caso de Colombia), el modelo de negocio que se estructure (privado, público, ESP, etc.), la demanda del punto de carga y, finalmente, la ubicación (carretera, Hub movilidad, clúster comercial, aparcamiento, etc).

Con estos desafíos y consideraciones en mente, se explora en detalle los diferentes mecanismos de generación de ingresos, desde tarifas de carga hasta estrategias alternativas como la publicidad, para comprender **cómo los agentes pueden desarrollar modelos de negocio robustos y sostenibles en el servicio de carga de vehículos eléctricos**.

Como se menciona anteriormente, **la colaboración entre los agentes del ecosistema, como propietarios, CPO y MSP, es fundamental para el crecimiento del ecosistema**. Con una inversión inicial significativa para poner en marcha un proyecto de infraestructura de carga pública, tiene sentido que los propietarios no asuman más responsabilidad de la necesaria, dejando la operación, participación del cliente, mantenimiento y gestión en manos de otros agentes expertos, independientemente del modelo de negocio escogido. No obstante, si cuentan con los medios financieros y la experiencia técnica necesaria, a priori, no hay nada que impida a un propietario de puntos de carga asumir también el papel de CPO, EMSP, o ambos simultáneamente. De manera similar, un CPO podría optar por ofrecer servicios de movilidad eléctrica, evitando así la necesidad de asociarse con un MSP externo.

Independientemente de cómo se estructure el proyecto, en esta parte de la cadena de valor que corresponde a los ingresos, los ingresos que se perciban deberán repartirse entre los diferentes agentes que participen en el modelo de negocio y tendrán que cubrir los costos asociados a la construcción e instalación (CAPEX) y a la operación de la infraestructura (OPEX), así como otros costos como podrían ser los costos financieros.

Así, las fuentes de ingresos principales pueden venir, por un lado, por el **cobro de tarifas por el servicio de carga** y por otro, por **ingresos extras o complementarios** como puede ser, la cesión de espacio para publicidad.

1. Principales ingresos según su origen

En general, las estaciones de carga suelen percibir ingresos provenientes de dos tipos de actividades, a saber, (i) la propia actividad de servicio de carga para vehículo eléctrico, e (ii) ingresos alternativos.

Figura 34. Ingresos económicos según origen

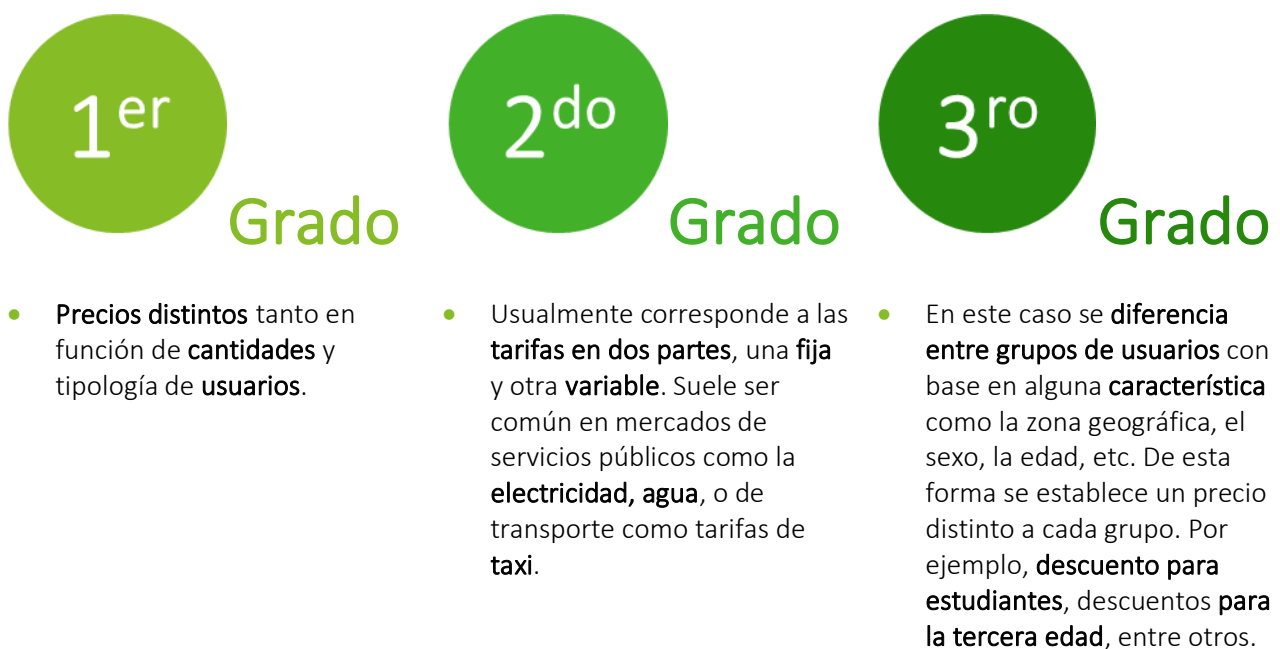


Fuente: análisis Deloitte, varios

Típicamente, los ingresos por servicios de carga suelen ser tarifas cobradas a los usuarios, mientras que, los ingresos alternativos provienen de actividades o alianzas no relacionadas a la operación de la infraestructura de carga per se. A continuación, se procederá a explicar los principales tipos de tarifas y posteriormente algunas de las estrategias de ingresos alternativos.

1.1 Ingresos por servicio de carga. Principales tipos de tarifas

Usualmente, en mercados donde existen barreras de entrada y, por lo tanto la competencia perfecta no es posible, típicamente se establecen precios con **diferentes grados de discriminación** con el objeto de maximizar el beneficio de la empresa que oferta el servicio.



En general, los esquemas tarifarios más habituales son aquellos de 2^{do} y 3^{er} grado, pudiendo llegar a conformarse combinaciones entre estos. Por ejemplo, puede conformarse una tarifa en dos partes donde la parte fija varíe en función de la zona donde esté ubicado el punto de carga, o en función de si la persona se ha suscrito a algún tipo de membresía, etc. Así pues, típicamente el cobro por el servicio de carga suele llevarse a cabo mediante tarifas tales como:

1.1.1 Por consumo de energía

Es uno de los esquemas de ingresos más utilizados por los diferentes modelos de negocio. En este tipo de tarifas se establece **un precio por kWh** y, de esta forma, para obtener el importe a cobrar simplemente se multiplica el precio unitario en kWh por el consumo total que se ha realizado por la recarga de vehículo. Para este tipo de esquemas, usualmente, los precios son mayores en estaciones de carga rápida que en estaciones de carga lenta.



La eMSP australiana *Chargefox* usualmente carga una tarifa por kWh a sus clientes. Dicha tarifa, típicamente es más alta en cargadores rápidos que en aquellos lentos, siendo entre 0,17 y 0,45 USD/kWh para rápidos y, hasta 0,21 USD/kWh para lentos.



La empresa de estaciones de servicio colombiana Terpel, bajo su marca de estaciones de recarga Voltex cobra a los usuarios de sus puntos de recarga en Ecuador una tarifa de 0,285 USD/kWh en aquellas que tengan una potencia mayor o igual a 50 kW en DC.

- Tarifas *Time of Use*¹⁰⁴

Un caso a resaltar en las tarifas por consumo son las conocidas como *Time of Use*. Este tipo de tarifas se asocia a **procedimientos de respuesta a la demanda** y promueve la **modificación de los patrones de consumo desde franjas u horas alta demanda hacia franjas u horas con baja demanda**. Esto típicamente se realiza mediante un esquema tarifario que se divide en horas pico, horas llanas y horas valle y, cada una de estas franjas tiene un precio de electricidad asociado. Así, en la hora pico, el precio es el más alto y, en las horas valle, el precio es el más bajo. Además de promover un uso más eficiente de la red eléctrica, este tipo de tarifas ofrecen la posibilidad de optimizar las rutas de los vehículos eléctricos y maximizar el uso de batería de los mismos.



Greenflux es una eMSP británica que, gracias a su algoritmo permite establecer tarifas *Time of Use* para, de esta manera, enviar señales de precios a los usuarios para que estos carguen sus vehículos en la franja horaria correspondiente a precios valle.

¹⁰⁴ (Pal Kaur & Singh, 2023)

1.1.2 Por duración en el uso del servicio

En este caso, en lugar de utilizar como unidad el kWh se utilizan los minutos u horas usadas para la recarga. De esta manera, se establece un **precio unitario por minuto u hora** y, multiplicando dicho precio por el tiempo que un usuario ha utilizado la estación de carga se obtiene la factura a cobrar.



EVgo, en Estados Unidos, ofrece, de entre sus diferentes tarifas, la posibilidad de pagar en función del tiempo de uso con un precio de 1,5 USD por hora para cargadores nivel 2 (rápidos).



La Empresa de Servicios Públicos costarricense ICE, en su estrategia por la movilidad eléctrica ha implementado un sistema de cobro para aquellos usuarios que hagan uso de su red de recarga (38 cargadores) presente en su área de concesión de la red eléctrica. ICE cobra a dichos usuarios una tarifa plana de 0,28 USD por minuto.

1.1.3 Tarifas dinámicas

Este tipo de tarifas también se puede considerar como una estructura asociada a procedimientos de respuesta a la demanda¹⁰⁵, sin embargo, en este caso, el proveedor de carga ajustará el precio de forma completamente dinámica de tal manera que el precio variará en función de diversos factores como la saturación del sistema eléctrico, el precio de la energía, demanda esperada en el punto de recarga, entre otros. Así pues, la tarifa que acabe pagando el usuario final podrá ser diferente en función de dichos factores. Este tipo de tarifas suele ser una aproximación a las tarifas de primer grado de discriminación y suelen expresarse en kWh.



La empresa proveedora de software para infraestructura de carga *MONTA*, ofrece a los diferentes CPOs la posibilidad de implementar un sistema de precios por kWh que cambia cada hora en función del precio que el CPO paga por la energía consumida.

1.1.4 En función de la disponibilidad

La característica principal de esta tipología de tarifas es que su inductor principal en el precio cobrado al usuario final proviene del **nivel de saturación o disponibilidad de los puntos de carga**. Así pues, si el sistema de puntos de recarga de un proveedor se encuentra con una alta saturación, la tarifa (fija o variable) cobrada al usuario será mayor que si, por ejemplo, existiese una alta disponibilidad.

¹⁰⁵ (Brinkel, et al., 2023)



Tesla, con el objeto de crear una mejor experiencia para todos los propietarios, ha introducido una tarifa de inactividad que tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de los súpercargadores para todos los usuarios. Así que, cada minuto adicional que un vehículo permanezca conectado al súpercargador incurrirá en una tarifa por inactividad. Si el vehículo se retira en cinco minutos, la tarifa será cancelada. Los cargos por inactividad se aplican cuando una estación de súpercargadores está ocupada al 50% de su capacidad o más (con una tarifa, por ejemplo, de 0,54 USD). Los cargos por inactividad se duplican cuando la estación está al 100% de su capacidad (pasando a ser, por ejemplo, 1,09 USD).

1.1.5 Membresía periódica

Por su parte, la membresía periódica se establece con el objetivo de ofrecer una **tarifa plana** a los usuarios. De esta manera, el consumidor pagará, de manera periódica, la misma cuota independientemente de si hace uso o no de las estaciones de carga. Usualmente, este tipo de tarifas viene asociada a un consumo máximo y, si el usuario desea aumentar dicho límite, deberá pagar un suplemento u obtener una membresía superior o premium.



La empresa energética *Repsol* ofrece, para sus estaciones de carga, la posibilidad adquirir suscripciones mensuales. Esta presentan un límite superior de consumo tal que:

- Tarifa de movilidad 100: para un consumo máximo de 100kWh por 32,6 USD/mes.
- Tarifa de movilidad 150: para un consumo máximo de 150kWh por 43,4 USD/mes.

1.1.6 Cuota inicial

Este tipo de tarifas, en cambio, establece un pago inicial al momento de realizar el alta o suscribirse en la plataforma del proveedor de servicio sin la necesidad de llegar utilizar la infraestructura de carga. Este pago inicial, usualmente, servirá como descuento en la tarifa final cada vez que el usuario cargue su vehículo eléctrico.



La empresa automotriz *KIA*, a través de su línea de carga para sus vehículos eléctricos *KIA Charge*, ofrece, de entre varias opciones de tarifas, la opción más sencilla con una cuota de activación única de 8,13 USD. Esta cuota de activación es cobrada al usuario independientemente de que vaya o no a hacer uso de los puntos de carga *KIA Charge*.

1.1.7 Combinación de diferentes tipologías de tarifas

Como se mencionó anteriormente, las diferentes tipologías de tarifas descritas pueden ser usadas en combinación con el objetivo de maximizar los ingresos de la empresa proveedora de servicios. De esta manera, cuantos más elementos tenga en cuenta la tarifa resultante, más ingresos obtendrá el proveedor de servicios.

Así pues, la siguiente tabla muestra algunos ejemplos a nivel internacional en la conformación de tarifas para infraestructura de carga.

Tabla 20. Algunos casos prácticos de esquemas tarifarios a nivel internacional¹⁰⁶

Empresa	País donde se aplica	Estructura tarifaria
Suscripción base + variable (consumo kWh)		
Blue Corner	Bélgica	- Tarifa anual (64,06 USD) + tarifa variable en función del consumo (0,38 USD/kWh para Corriente Alterna; 0,65 USD/kWh para Corriente Continua) - Tarifa anual (183,51 USD) + tarifa variable en función del consumo (0,36 USD/kWh para Corriente Alterna; 0,61 USD/kWh para Corriente Continua)
Fastned	Alemania y Países Bajos	Tarifa mensual (12,69 USD) + tarifa variable en función del consumo (0,37 USD/kWh)
ESB eCars	Irlanda	Tarifa mensual (4,99 USD) + tarifa variable en función del consumo (0,25 USD/kWh)
BP Chargemaster	Reino Unido	Tarifa mensual (9,94 USD) + tarifa variable en función del consumo (0,15 USD/kWh)
Solo tarifa de suscripción		
Repsol	España	Tarifa mensual (entre 32,58 USD – 43,44 USD)
IZIVIA	Francia	Tarifa mensual (entre 10,86 USD - 32,58 USD)
Endesa X	España	Tarifa mensual (entre 14,78 USD – 41,59 USD)
Suscripción base + variable (tiempo minutos)		
EVgo	Estados Unidos	Tarifa anual (7,99 USD) + tarifa variable en función del tiempo consumiendo (0,28 USD/minuto)

1.2 Ingresos alternativos

Corresponden a ingresos no asociados directamente al servicio de carga de vehículos eléctricos. Estos ingresos adicionales a los obtenidos por ofrecer el servicio de carga se pueden monetizar de diferentes estrategias. Algunas posibilidades son:

- (i) **Publicidad en Puntos de Recarga:** La publicidad en los puntos de recarga puede generar ingresos adicionales. Las estaciones de carga pueden tener pantallas digitales, paneles publicitarios o incluso contenido promocional en la aplicación móvil utilizada por los usuarios.
- (i) **Programas de Afiliación y Recompensas:** Las empresas pueden asociarse con fabricantes de VE o programas de recompensas para ofrecer descuentos o recompensas a los usuarios que cargan en sus estaciones. Esto puede atraer a más usuarios y fomentar la lealtad.
- (ii) **Alquiler de Espacio:** Las empresas pueden alquilar espacio en sus estaciones de carga para eventos promocionales, lanzamientos de productos o actividades de marketing de otras empresas.

¹⁰⁶ Fuente: (LaMonaca & Ryan, 2022)

- (iii) **Socios Comerciales:** Colaborar con restaurantes, tiendas minoristas u otras empresas cercanas a las estaciones de carga para ofrecer descuentos o promociones a los usuarios de VE que cargan y visitan esos lugares.
- (iv) **Energía Renovable:** Ofrecer opciones de carga con energía renovable por un costo adicional puede atraer a usuarios comprometidos con la sostenibilidad.
- (v) **Servicios de Valor Agregado:** Proporcionar servicios adicionales en las estaciones de carga, como comercialización de adaptadores, vending machines o máquinas expendedoras de productos, estaciones de café o áreas de descanso, que generen ingresos adicionales mientras los conductores esperan la carga.
- (vi) **Aplicaciones y Datos de Usuarios:** Recopilar y monetizar datos de usuarios, siempre con el consentimiento y la privacidad adecuados, para proporcionar análisis y estadísticas valiosos a terceros.

Cada una de estas estrategias puede complementar los ingresos derivados de la carga de VE y aumentar la rentabilidad general de una empresa en el sector de la movilidad eléctrica. La diversificación de los ingresos es clave para enfrentar los desafíos financieros asociados con la infraestructura de carga de VE.

Anexos

Anexo 1. Construcción de proyecciones

En el presente anexo se explican los supuestos y metodología de construcción de las proyecciones utilizadas en el documento.

1. Metodología

La metodología empleada para la construcción de las proyecciones de vehículos eléctricos se realizó con un enfoque sistemático y adaptable a las distintas fuentes de información utilizadas. El proceso general se dividió en los siguientes pasos:

- (i) **Identificación del escenario:** para el análisis de datos se estableció un periodo de proyección del 2024 al 2030.
- (ii) **Recopilación de datos:** se recopiló información real disponible para el periodo 2019-2023, específica para cada conjunto de datos necesario en las proyecciones. La fuente de datos varió según la categoría, siendo el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) utilizado para el parque automotor total y, ANDEMOS para obtener la desagregación del parque automotor total en las diferentes categorías de vehículos (automóvil, comercial de carga, comercial pasajeros, pick-up, taxi, utilitario y van). Las categorías que se utilizaron para contabilizar los vehículos livianos fueron automóvil, pick up, utilitario y van.
- (iii) **Análisis temporal:** Cada conjunto de datos fue sometido a un análisis temporal, identificando patrones, tendencias y variaciones significativas a lo largo del periodo analizado.
- (iv) **Identificación de supuestos:** Se llevó a cabo una revisión detallada de los supuestos asociados a cada conjunto de datos. Estos supuestos se derivaron de diversas fuentes, incluyendo estimaciones gubernamentales, publicaciones a nivel Ministerial, datos de estudios previos, tendencias internacionales, y cualquier otro supuesto aplicable al contexto colombiano.
- (v) **Selección del modelo de proyecciones:** Con base en la revisión de supuestos y el comportamiento temporal identificado, se seleccionaron modelos de proyecciones apropiados. La elección consideró modelos lineales, exponenciales y técnicas de suavización exponencial, adaptados a las características de cada conjunto de datos.
- (vi) **Utilización de herramientas de proyección:** Los datos ajustados se introdujeron en herramientas de proyección propias de Deloitte¹⁰⁷, con el objetivo de obtener resultados cuantitativos y comparar la eficacia de diferentes modelos.
- (vii) **Iteración y selección del modelo óptimo:** El proceso de iteración se aplicó al menos dos veces para cada conjunto de datos, evaluando diferentes opciones de modelos de proyecciones y realizando ajustes necesarios conforme a la experiencia y buenas prácticas de Deloitte. Se seleccionó el modelo que mejor se adaptó al contexto colombiano.

¹⁰⁷ Herramientas propias de Deloitte en apoyo de otras tales como *Python* o *Forecasting* de Excel.

2. Proyección del parque automotor total

Inicialmente, se dispone de las cifras reales anuales correspondientes al total del parque automotor en Colombia para el periodo de 2019 a 2023, obtenidas del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT)¹⁰⁸. Tras un análisis detallado de estos datos, se ha observado que la tendencia del crecimiento se ajusta significativamente a un **modelo lineal**, lo que respalda la aplicación de un **modelo de regresión lineal** para entender y prever el comportamiento del parque automotor en el tiempo. La ecuación general de la recta para este comportamiento puede expresarse como:

$y = mx + b$, donde y representa el número total de vehículos, x es el año, m es la pendiente y b es la ordenada al origen.

La ecuación específica para nuestro conjunto de datos se ajusta a través de técnicas de regresión lineal:

$$y = 926843x + 1x10^7$$

Por otro lado, se incorpora el supuesto emitido por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en la actualización del Plan Energético Nacional (PEN) 2022-2052. Este supuesto, en el escenario de Actualización, **proyecta un crecimiento en el número de vehículos, anticipando un stock de 26,7 millones de vehículos para el año 2032 y 38,9 millones para el año 2052**¹⁰⁹. Este pronóstico se utiliza para ajustar la pendiente de la ecuación que modela el crecimiento de los datos, proporcionando puntos de referencia iniciales y finales.

La ecuación ajustada con el punto de 2032 se expresa como:

$$y_{ajustada} = 878680x + 1x10^7$$

El cambio en la pendiente puede interpretarse como un cambio en la tasa de crecimiento proyectada, reflejando una proyección más moderada o reducida en comparación con la pendiente inicial. Por lo anterior, según los supuestos incorporados, se espera un crecimiento más gradual en el número de vehículos en el tiempo en comparación con la proyección inicial.

Posteriormente, empleando el método de regresión lineal, se realiza una interpolación de datos con la ecuación ajustada para estimar las cifras del periodo 2024 a 2030, las cuales están limitadas por la restricción de ser menores a las proyectadas para el año 2032.

Una vez conociendo las cifras reales y proyectadas anuales del parque automotor total, se hace necesario entender cómo están distribuidas en cada uno de los segmentos¹¹⁰ que componen el parque automotor, a saber: (i) **motocicletas**, (ii) **vehículos** de servicio privado y público (transporte urbano, carga urbana, taxis, livianos¹¹¹) y (iii) **maquinaria**, remolques y semirremolques. La naturaleza heterogénea de estos segmentos sugiere la necesidad de abordar sus proyecciones de manera individual, dada la **variabilidad en sus comportamientos anuales**. Para llevar a cabo este proceso, se emplean las cifras reales correspondientes a los años 2019-2023 para determinar la proporción de cada segmento en relación con el parque automotor total.

¹⁰⁸ Fuente: (Registro Único Nacional de Transporte, 2024)

¹⁰⁹ Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

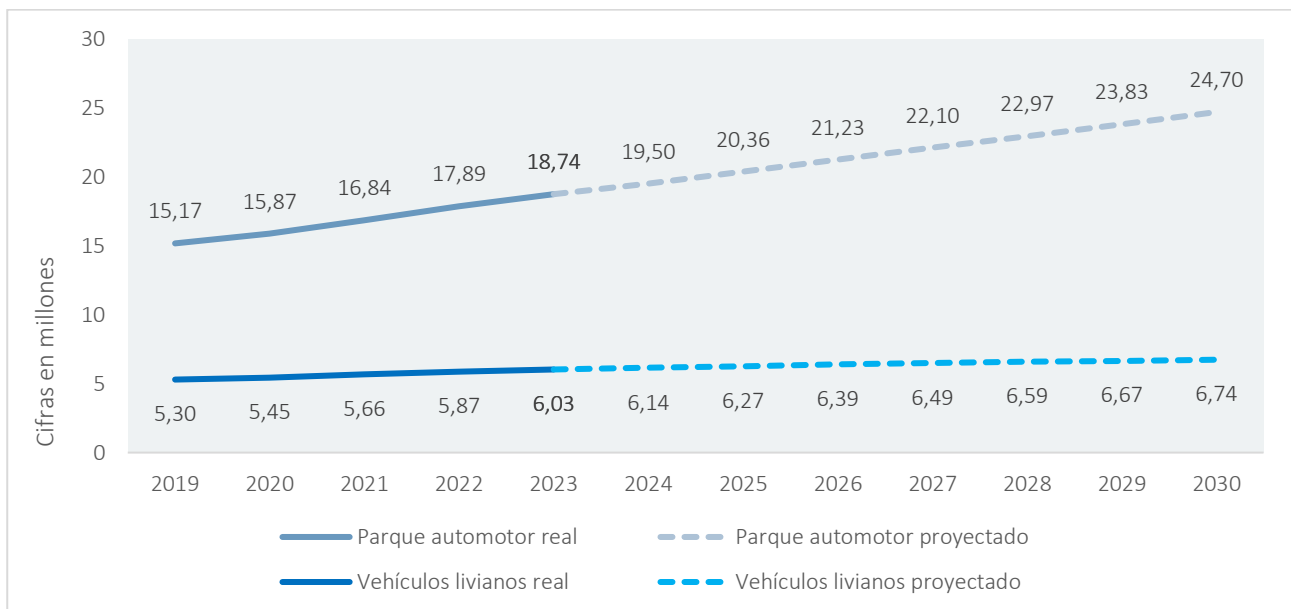
¹¹⁰ Esta segmentación se ha realizado con base en la categorización del RUNT (motos, vehículos y maquinaria) y de ANDEMOS (motos, automóviles, comerciales de carga, comerciales de pasajeros, camionetas pick up, taxis, utilitarios y vans).

¹¹¹ El segmento de vehículos livianos incluye las siguientes categorías: automóvil, pick up, utilitario y van.

Adicionalmente, se considera la proyección de un **cambio modal del transporte privado hacia el público** y una **disminución en la proporción de ventas de vehículos livianos**¹¹². Con base en estas proporciones históricas, se procede a estimar la proporción que cada segmento ostentará en cada uno de los años comprendidos entre **2024 y 2030**, utilizando modelos de regresión lineal y modelos de suavización exponencial. En este punto, para efectos del cálculo del parque automotor total, el segmento de maquinaria, remolques y semirremolques es excluido con el fin de tener un enfoque en transporte de personal y público, excluyendo usos industriales y agrícolas en la ecuación.

Este enfoque detallado y segmentado busca capturar las variaciones específicas de cada categoría, ofreciendo así proyecciones más precisas y adaptadas a las particularidades de cada componente del parque automotor.

Figura 35: Parque automotor total y vehículos livianos en Colombia real (2019-2023) y proyectado (2024-2030)¹¹³



Fuente: RUNT y ANDEMOS¹¹⁴, análisis Deloitte

3. Proyecciones de penetración de vehículos eléctricos

Para la construcción de las proyecciones de penetración de vehículos eléctricos, se ha llevado a cabo una revisión del comportamiento del mercado de vehículos eléctricos a nivel mundial, así como de diversas fuentes de información que presentan estimaciones relacionadas con la penetración y crecimiento de vehículos eléctricos en Colombia. Además, se ha tomado en cuenta la experiencia y el conocimiento acumulado, respaldando cada paso con la finalidad de proporcionar proyecciones de penetración de vehículos eléctricos que reflejen no solo la tendencia global, sino también las particularidades y potencialidades del mercado colombiano.

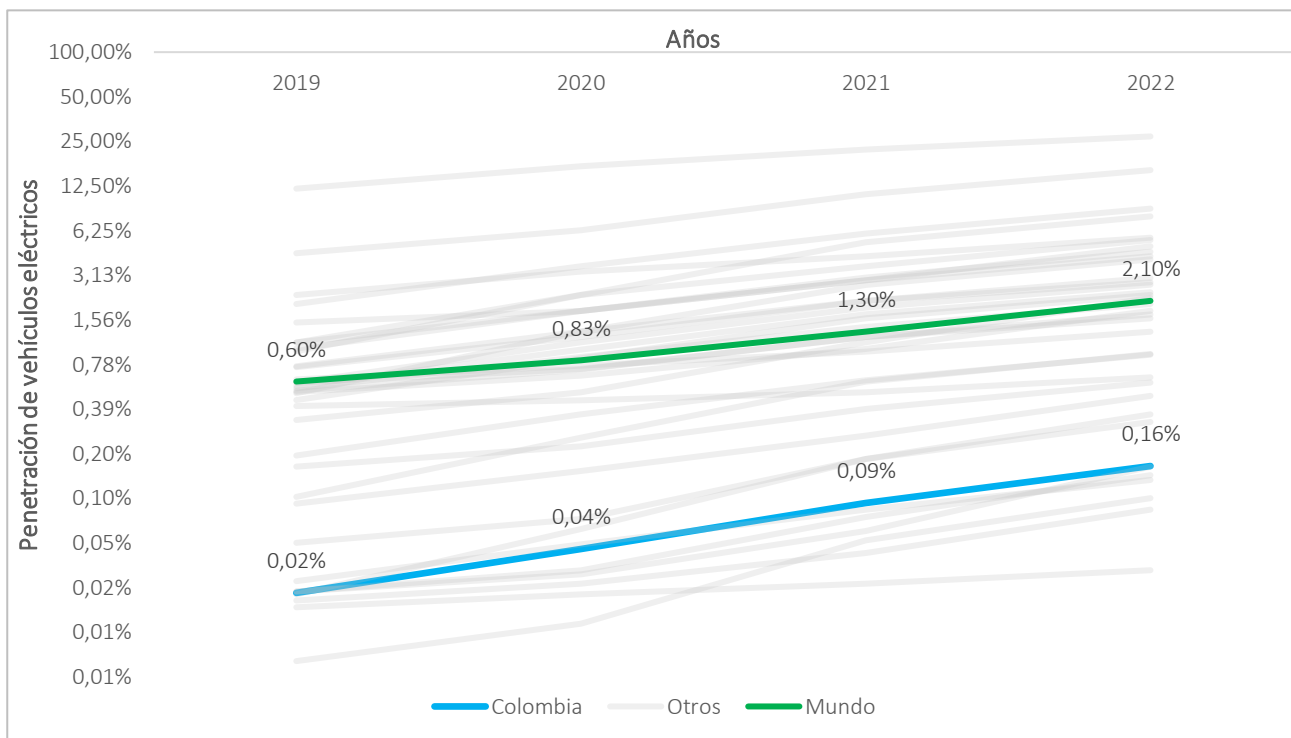
¹¹² En línea con escenarios del PEN 2022-2052 (Unidad de Planeación Minero Energética, 2023) y la hoja de ruta para la TEJ (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

¹¹³ Excluye maquinaria, remolques y semirremolques.

¹¹⁴ Fuente: análisis Deloitte sobre (Registro Único Nacional de Transporte, 2024) y (Asociación Nacional de Movilidad Sostenible, 2023) para los datos reales y análisis Deloitte para los datos reales.

En línea con lo anterior, la siguiente gráfica ofrece un análisis comparativo de la penetración de vehículos eléctricos en diversos países a nivel mundial, proporcionando una visión detallada de la evolución de la adopción de VE en el contexto internacional. Esta representación gráfica refleja cómo diferentes países han avanzado en la transición hacia la movilidad eléctrica a lo largo del tiempo. Además, incluye datos específicos de Colombia, permitiendo una evaluación del progreso del país en comparación con otras naciones, donde todavía hay amplio espacio de mejora.

Figura 36: Penetración de vehículos eléctricos a nivel mundial 2019-2022¹¹⁵



Fuente: RUNT, IEA, Bloomberg¹¹⁶, análisis Deloitte

¹¹⁵ El gráfico incluye líneas individuales para Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Dinamarca, EU27, Europa, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, India, Israel, Italia, Japón, Corea, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Otros Europa, Polonia, Portugal, Suráfrica, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos. Además, incluye una línea con la categoría "Resto del Mundo", que excluye las regiones mencionadas.

¹¹⁶ Fuente: (Registro Único Nacional de Transporte, 2024) para los datos de Colombia y (Agencia Internacional de Energía (IEA), 2023) y (BloombergNEF, 2023) para los datos internacionales.

Por otro lado, la revisión de proyecciones existentes ha constituido una base para desarrollar estimaciones propias, integrando de manera coherente las perspectivas y conocimientos proporcionados por las entidades gubernamentales y las instituciones especializadas en el ámbito energético y de movilidad sostenible. Las principales consideraciones son las siguientes:

Tabla 21: Supuestos para la construcción de proyecciones de penetración de vehículos eléctricos en Colombia

Estudios previos UPME (2019) ¹¹⁷	Estudios previos MME (2022) ¹¹⁸	PEN 2022-2052 UPME (2023) ¹¹⁹	Hoja de ruta TEJ (2023) ¹²⁰
- Se espera que para 2023 haya cerca de 1.500.000 vehículos eléctricos (autos, motos, taxis, etc.) que representan un 6,7% del total del parque automotor. - Se espera que la proporción de vehículos eléctricos livianos (autos, camionetas, etc.) sobre el parque automotor total, sea del 2,9% en 2025 y del 8,0% en 2030.	- En 2024 se estima que la penetración alcanzaría un 1,74% y a partir de 2025 se supera la penetración del 3,07% hasta llegar a un 8,44% en 2030. - Se cita que en el Plan Energético Nacional 2020-2050, se proyecta que en 2024 se alcanza una penetración del 1,5% y en 2025 se logra una penetración del 3,0%.	Se estima que los vehículos livianos eléctricos (automóviles, camperos y camionetas) representarán el 0,96% del stock para 2032.	En el escenario de Políticas Anunciadas, se indica que no se alcanza la meta de 600.000 vehículos eléctricos¹²¹ debido a que la velocidad de mercado de vehículos eléctricos en Colombia, en términos de ventas anuales, no satisface el volumen de vehículos mínimos para alcanzar la meta totalmente, por lo que se estima su cumplimiento parcial.

Fuente: Elaboración propia

¹¹⁷ Fuente: (USANE, 2019)

¹¹⁸ Fuente: (USAENE, 2022)

¹¹⁹ Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética, 2023)

¹²⁰ Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2023)

¹²¹ Fuente: Establecida en el numeral 4 del Artículo 12 Medidas del Sector Transporte, de la Ley 2169 de 2021 del Congreso de la República “Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones”.

Adicionalmente, para la construcción de las estimaciones, se toma en consideración que, hasta **cierto nivel de madurez del mercado y porcentaje de penetración de vehículos eléctricos, la participación predominante en los modelos de negocio tiende a ser pública**¹²². Adaptado al contexto colombiano, **el sector público juega un papel crucial en la promoción y adopción inicial de vehículos eléctricos** hasta, aproximadamente, un **3,00%**¹²³ de penetración de vehículos eléctricos, a partir del cual su participación tiende a disminuir.

Para evaluar las proyecciones específicas para la penetración de vehículos eléctricos en Colombia, se llevó a cabo una revisión de **cuatro distintos escenarios**. Esta metodología se adoptó con el propósito de abordar la complejidad inherente a la predicción de tendencias en el mercado de vehículos eléctricos, considerando diversos criterios y objetivos. Cada escenario se construyó con base en **criterios específicos y objetivos definidos**, abarcando desde variables económicas y políticas hasta aspectos tecnológicos y de sostenibilidad. La adopción de múltiples escenarios permitió una evaluación comprehensiva y proporcionó una mayor flexibilidad para adaptarse a diferentes contextos y condiciones futuras, contribuyendo así a la robustez y flexibilidad de las proyecciones finales.

Es importante precisar que **los cálculos realizados se centran exclusivamente en vehículos livianos**. La definición de vehículos livianos abarca categorías como automóviles, camionetas, pick ups, vans, utilitarios y otros vehículos de dimensiones y pesos similares. Esta aclaración se establece para delimitar el alcance de las proyecciones y realizar una evaluación específica en el segmento de vehículos eléctricos de menor envergadura. Cualquier consideración adicional de vehículos de mayor tamaño o categorías específicas quedará fuera del alcance de estas proyecciones particulares.

Punto de partida

Como se ha mencionado anteriormente, el enfoque metodológico para la construcción de las proyecciones considera información actual en Colombia. En ese sentido, para los datos de los años 2019 a 2023, los porcentajes de penetración de vehículos eléctricos consideran las siguientes cifras:

- La cantidad de vehículos livianos ha sido tomada utilizando la metodología descrita en el apartado “1.2. Proyección del parque automotor total”, con base en información del RUNT y de ANDEMOS.¹²⁴
- La cantidad de vehículos livianos eléctricos toma como base la cantidad de vehículos livianos, pero esta población se ve delimitada considerando únicamente las tecnologías BEV y PHEV.
- El porcentaje de penetración corresponde a la proporción entre la cantidad de vehículos livianos eléctricos, sobre la cantidad de vehículos livianos.

Tabla 22: Penetración del vehículo eléctrico 2019-2023 en Colombia

	2019	2020	2021	2022	2023
Cantidad de vehículos livianos	5.295.812	5.453.312	5.663.417	5.871.823	6.028.995
Cantidad de vehículos livianos eléctricos	1.200	2.441	5.165	9.541	14.271
Porcentaje de penetración	0,02%	0,04%	0,09%	0,16%	0,24%

¹²² Fuente: (IRENA Agencia Internacional de Energías Renovables, 2019), (CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022), (USAENE, 2022)

¹²³ Fuente: (USAENE, 2022)

¹²⁴ Fuente: análisis Deloitte sobre datos de (Asociación Nacional de Movilidad Sostenible, 2023) y (Registro Único Nacional de Transporte, 2024)

Escenario 1: Aspiracional

El primer escenario de proyección se centra en la cifra específica de **alcanzar 600.000 vehículos eléctricos en Colombia para el año 2030**. Esta estimación se sustenta en la meta delineada en el numeral 4 del Artículo 12, Medidas del Sector Transporte, de la Ley 2169 de 2021 del Congreso de la República. En este artículo, se establece la ambiciosa meta de tener en circulación al menos 600.000 vehículos eléctricos en el país para el año 2030. Esta misma meta se encuentra consagrada en la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC, por sus siglas en inglés)¹²⁵ y en la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica del año 2019, consolidando así un compromiso continuo del Gobierno con el fomento de la movilidad sostenible.

El contexto regulatorio de este escenario se destaca por la **aceleración en la implementación de desarrollos que incentiven el desarrollo de vehículos eléctricos o penalicen otras tecnologías**, respaldados por una intensidad fuerte en mecanismos de apoyo financiero estructurados por parte del Gobierno. Se proyecta una **combinación de modelos de negocio público-privados, especialmente públicos**. Finalmente, este escenario considera **esfuerzos relevantes de retrofit¹²⁶ y un apoyo de la industria para llevar a cabo estas conversiones sobre el parque automotor existente**, con el objetivo de impulsar el crecimiento del parque vehicular eléctrico de manera significativa.

Escenario 1: proyecciones para 2030



El escenario 1 se caracteriza por un **crecimiento exponencial**, con un aumento anual compuesto de, aproximadamente, 70% durante el periodo 2024-2030. Este enfoque implica un aumento constante y acelerado en la adopción de vehículos eléctricos a lo largo del periodo de proyección, en línea con los objetivos legislativos y estratégicos nacionales, reflejando la aspiración de cumplir con la meta establecida por la legislación nacional y la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica.

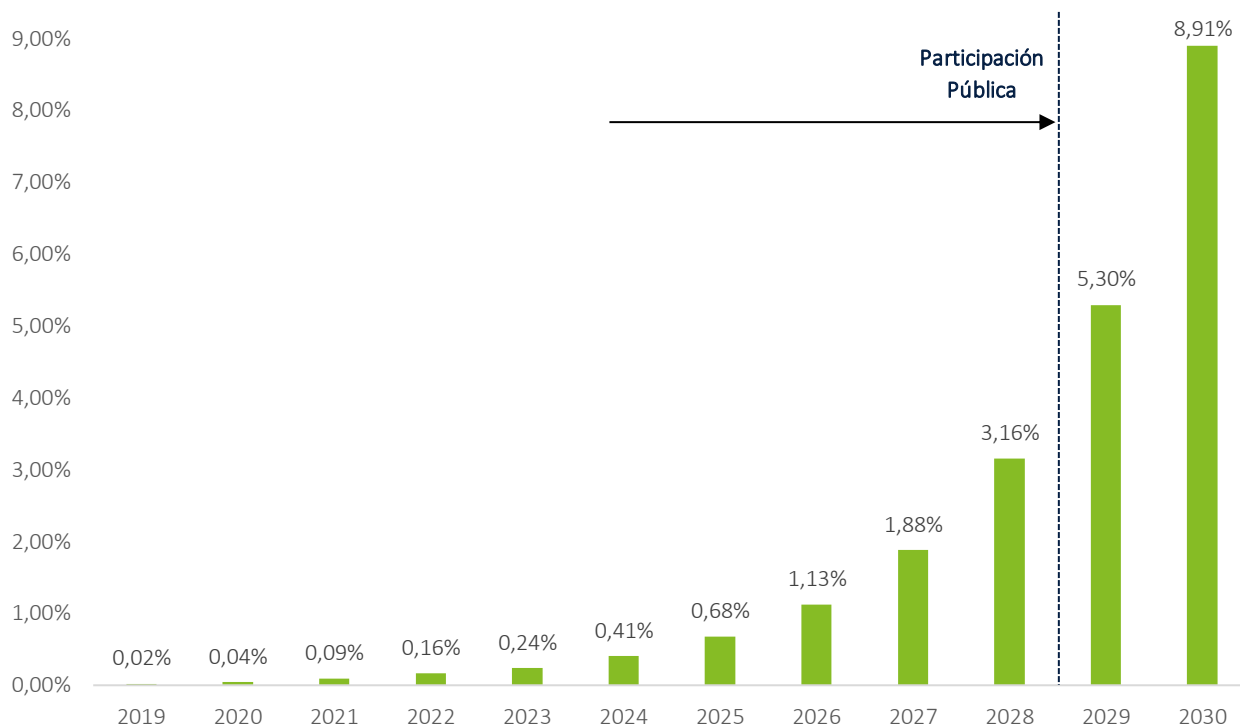
Tabla 23. Escenario 1 de vehículos eléctricos livianos en Colombia: 2023 real y 2024-2030 proyectado

Escenario 1 de proyecciones								
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cantidad de VE	14.271	24.914	42.337	71.947	122.263	207.769	353.074	600.000
Crecimiento anual	-	10.643	17.424	29.609	50.317	85.506	145.305	246.926

¹²⁵ Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

¹²⁶ El *retrofit* implica la adaptación o conversión de vehículos tradicionales a vehículos eléctricos. Bajo este escenario, a partir del año 2029 todas las nuevas matrículas corresponderían a VE ligeros. Siendo así, se necesitarían, aproximadamente, 241.458 vehículos convertidos a eléctricos o híbridos enchufables por medio de *retrofit*.

Figura 37: Escenario 1 de proyección de penetración de vehículos eléctricos livianos Colombia 2024-2030



Fuente: RUNT, ANDEMOS¹²⁷, análisis Deloitte

En el escenario 1, se considera una meta del 3% de penetración de vehículos eléctricos para el año 2028 (198.835¹²⁸), con una participación pública relevante en el periodo 2024-2028.

Escenario 2: Conservador

El segundo escenario de proyección se centra en alcanzar una penetración del 3% de vehículos eléctricos en el parque automotor total para el año 2030. Se parte de la premisa de que **no se alcanzará la meta de 600.000 VE en 2030** por varias razones. La Hoja de Ruta de Transición Energética Justa (TEJ)¹²⁹ sugiere que **la velocidad de adopción de vehículos eléctricos en el mercado colombiano, en términos de ventas anuales, no satisface el volumen mínimo necesario para lograr la meta de manera completa**, logrando así un cumplimiento parcial de dicha meta. Adicionalmente, este escenario se ve influenciado por la baja madurez actual del mercado.

De manera complementaria, de acuerdo con conversaciones y entrevistas individuales con *stakeholders*, existe una percepción generalizada de bajas expectativas por parte de los agentes involucrados en la transición hacia vehículos eléctricos. En este sentido, se destaca la necesidad de una regulación más robusta y de refuerzos en las redes eléctricas, entre otros aspectos, para mejorar la confianza y fomentar la adopción de vehículos eléctricos en el mercado colombiano.

¹²⁷ Análisis Deloitte a partir de datos obtenidos de RUNT y ANDEMOS

¹²⁸ Considerando la tendencia de crecimiento estimada en este escenario, se realiza una aproximación a la meta del 3,00% en un punto intermedio del año 2028.

¹²⁹ (Ministerio de Minas y Energía, 2023)

La construcción de estas proyecciones también considera un **escenario regulatorio robusto, con una penalización gradual sobre otras tecnologías y apoyo financiero estructurado por parte del Gobierno**. Se proyecta una **participación pública inicial relevante**, donde se espera que el ambiente regulatorio promueva el desarrollo de los VE y **fomente esquemas público-privados**, así como la **participación de las Empresas de Servicios Públicos (ESP) en la transición**.

Este escenario refleja una **perspectiva más cautelosa, alineada con un crecimiento sostenible y realista** hacia la adopción de vehículos eléctricos.

Escenario 2: proyecciones para 2030



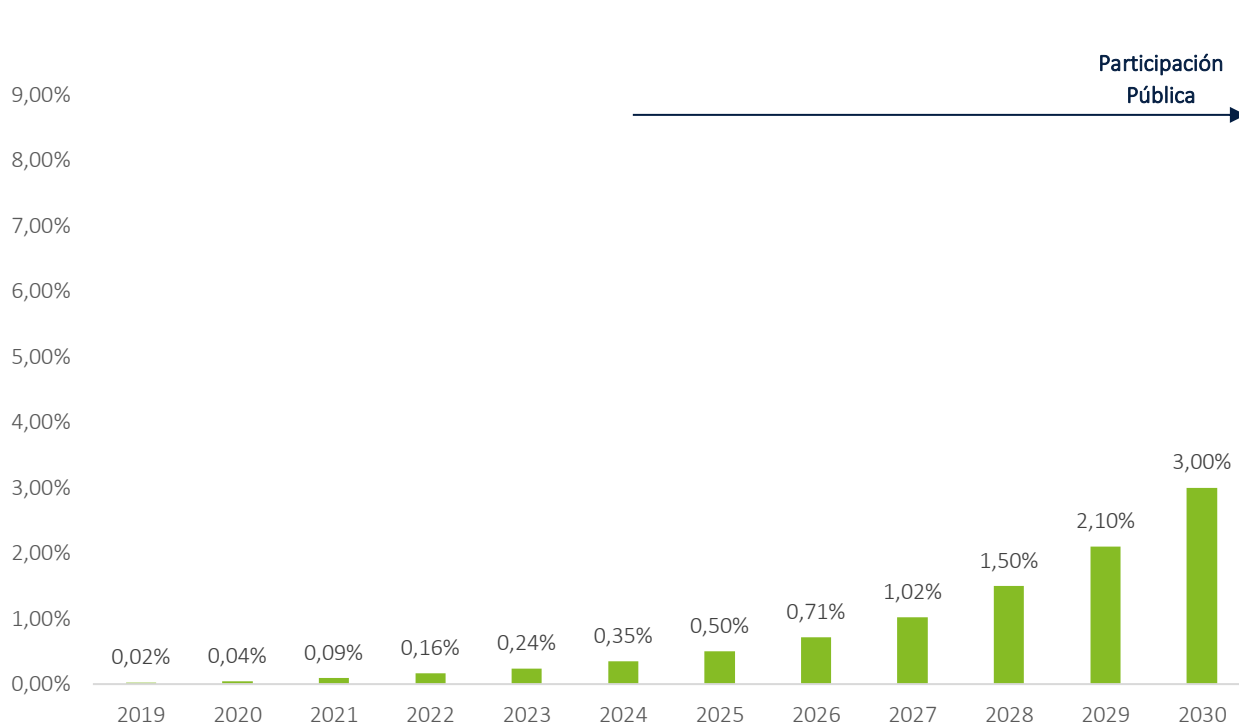
Con base en los supuestos y metas previamente establecidos, se ha evaluado el comportamiento de los datos y se determina que el modelo más apropiado para la modelación de esta penetración es la **suavización exponencial**. Con este enfoque, se realiza la interpolación de los datos anuales de penetración desde 2024 hasta 2029. Utilizando las proyecciones previas del parque automotor total, se determina la cantidad estimada de vehículos eléctricos anuales para cada uno de esos años.

Tabla 24. Escenario 2 de vehículos eléctricos livianos en Colombia: 2023 real y 2024-2030 proyectado

Escenario 2 de proyecciones								
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cantidad de VE	14.271	21.271	31.149	45.509	66.340	98.779	140.093	202.081
Crecimiento anual	-	7.000	9.878	14.359	20.831	32.439	41.314	61.988

La evolución exponencial de este modelo considera un **crecimiento anual compuesto de aproximadamente un 45% durante el periodo 2024-2030**.

Figura 38. Escenario 2 de proyección de penetración de vehículos eléctricos livianos en Colombia 2024-2030



Fuente: RUNT, ANDEMOS¹³⁰, análisis Deloitte

Este escenario adopta una **perspectiva conservadora** al proyectar un aumento gradual en la penetración de vehículos eléctricos cada año. Se concibe estratégicamente para alinearse con la tendencia actual y **ofrecer proyecciones realistas para la adopción de vehículos eléctricos en Colombia**. Esta aproximación prudente refleja la cautela al prever la adopción de vehículos eléctricos, reconociendo que factores como la disponibilidad de infraestructura de carga y políticas de incentivo pueden influir en el ritmo de crecimiento a lo largo del periodo de proyección.

De este modo, se proyecta un escenario **equilibrado y fundamentado en la realidad actual del mercado**, proporcionando una base sólida para las proyecciones futuras y la toma de decisiones estratégicas.

En el escenario 2, se considera una meta del 3% de penetración de vehículos eléctricos para el año 2030 (202.081¹³¹), con una participación pública relevante en el periodo 2024-2030.

Escenario 3: Intermedio

El escenario intermedio busca **equilibrar elementos de los escenarios más optimistas y conservadores** y plantea una meta del 6% de penetración de vehículos eléctricos livianos en 2030. Este escenario también considera las proyecciones de la Hoja de Ruta de TEJ, que sugieren que la cifra de 600.000 VE se alcanzaría

¹³⁰ Análisis Deloitte a partir de datos obtenidos de RUNT y ANDEMOS

¹³¹ Aproximaciones a la meta del 3%. Para este escenario, se toma el porcentaje de penetración alcanzado al cierre del año 2030 (3,00%).

parcialmente y, a su vez, **incorpora esfuerzos de diversas partes interesadas**, como políticas públicas, regulaciones, incentivos gubernamentales, la participación de la industria automotriz y una difusión constante de información sobre los beneficios de los VE, para impulsar el despliegue.

De manera similar a escenarios anteriores, **se espera que los esfuerzos públicos respalden el despliegue de vehículos eléctricos, especialmente en las etapas iniciales, hasta alcanzar un 3% de penetración**. En esta fase, se anticipa que los incentivos gubernamentales y las acciones regulatorias serán fundamentales para estimular la adopción de VE.

El escenario 3 se caracteriza por un contexto regulatorio robusto, con penalización gradual sobre otras tecnologías, apoyo financiero estructurado por parte del Gobierno y la adopción de mecanismos público-privados. Además, se espera una **mayor participación de las Empresas de Servicios Públicos (ESP)** en zonas de bajo interés comercial.

Escenario 3: proyecciones para 2030



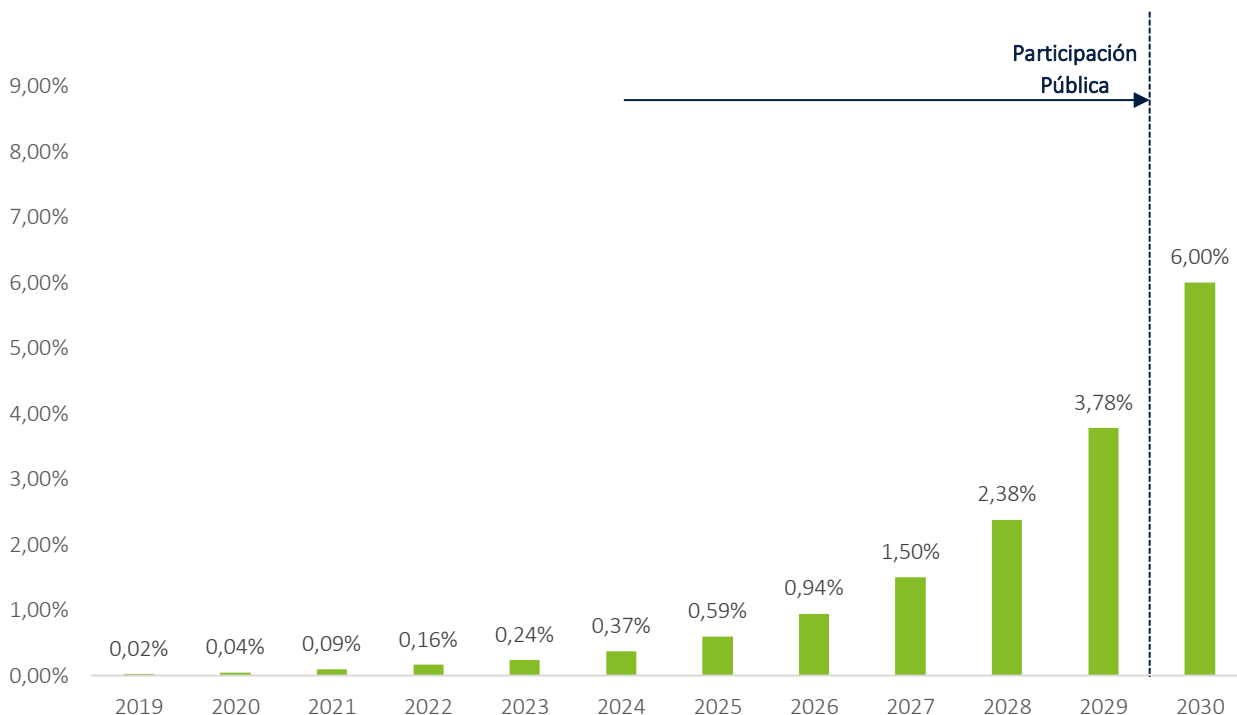
Con base en los supuestos y metas previamente establecidos, se ha evaluado el comportamiento de los datos y se determina que el modelo más apropiado para la modelación de esta penetración es la **suavización exponencial**. Con este enfoque, se realiza la interpolación de los datos anuales de penetración desde 2024 hasta 2029. Utilizando las proyecciones previas del parque automotor total, se determina la cantidad estimada de vehículos eléctricos anuales para cada uno de esos años.

Tabla 25. Escenario 3 de vehículos eléctricos livianos en Colombia: 2023 real y 2024-2030 proyectado

Escenario 3 de proyecciones								
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cantidad de VE	14.271	22.965	37.243	60.255	97.271	156.693	251.902	404.162
Crecimiento anual	-	8.694	14.278	23.012	37.016	59.422	95.210	152.260

La evolución **exponencial suavizada** proyecta un crecimiento anual compuesto en el periodo 2024-2030 de aproximadamente un 60%.

Figura 39. Escenario 3 de proyección de penetración de vehículos eléctricos livianos en Colombia 2024-2030



Fuente: RUNT, ANDEMOS¹³², análisis Deloitte

En el escenario 3, se considera una meta del 3% de penetración de vehículos eléctricos para el año 2029 (199.836¹³³), con una participación pública relevante en el periodo 2024-2029.

Escenario 4: proyecciones de estudios previos

El cuarto escenario de proyección de vehículos eléctricos se fundamenta en la revisión de proyecciones elaboradas en estudios previos¹³⁴.

Escenario 4: proyecciones para 2030



Vehículos eléctricos
609.070



Penetración
8,44%

¹³² Análisis Deloitte a partir de datos obtenidos de RUNT y ANDEMOS

¹³³ Considerando la tendencia de crecimiento estimada en este escenario, se realiza una aproximación a la meta del 3,00% en un punto intermedio del año 2029.

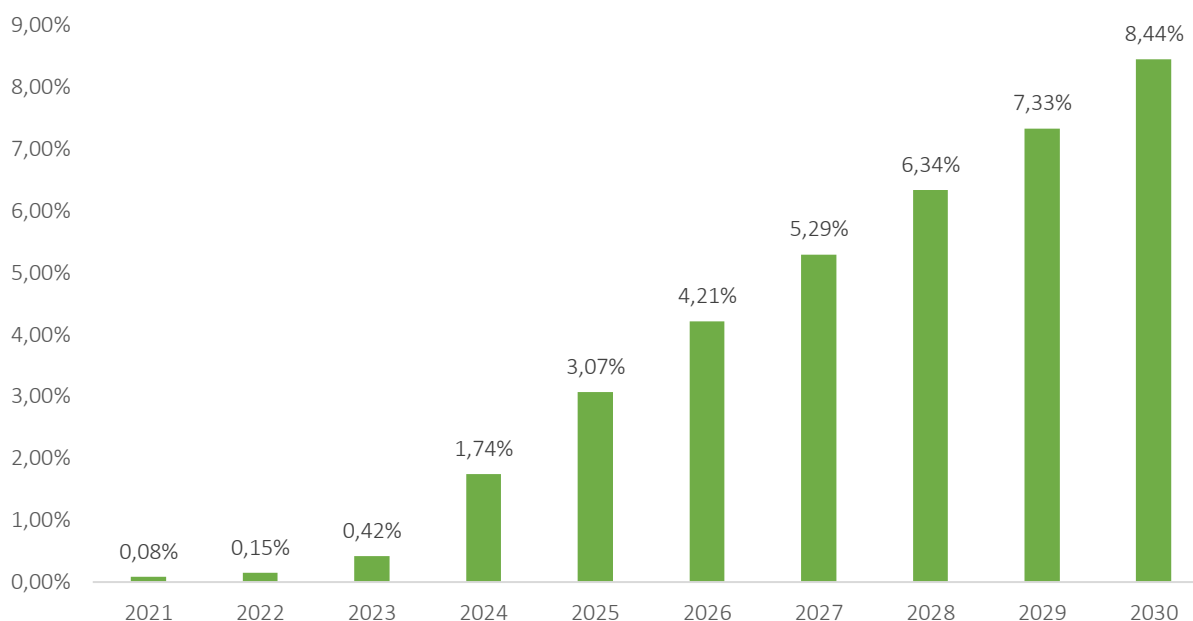
¹³⁴ Fuente: (USAENE, 2022)

Este escenario fue concebido en el año 2022 y parte de un porcentaje de penetración fue proyectado para el año 2023. Sin embargo, al comparar estas proyecciones con los resultados reales obtenidos, se evidenció que dicho **porcentaje de penetración en 2023 no pudo ser alcanzado en la práctica**. Adicionalmente, el Escenario 3 fue construido utilizando **proyecciones del parque vehicular total que difieren de las empleadas en los otros escenarios**. El resultado de los estudios previos sugiere que, para el 2030, los vehículos livianos totales de todas las tecnologías serán 7.216.316, lo que se traduce en 480.281 vehículos por encima de las proyecciones elaboradas por Deloitte (6.736.035).

Tabla 26. Escenario 4 de proyección de vehículos eléctricos livianos en Colombia 2024-2030

Escenario 4 de proyecciones							
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cantidad de VE	104.730	190.432	268.839	348.391	430.190	512.936	609.070
Crecimiento anual	-	85.702	78.407	79.552	81.799	82.746	96.134

Figura 40. Escenario 4 de proyección de penetración de vehículos livianos eléctricos Colombia 2024-2030



Fuente: Análisis Deloitte sobre estudios previos¹³⁵

En términos generales, el Escenario 4 considera un primer “salto” o crecimiento anual significativo entre los años 2023 y 2024 (1,32 puntos porcentuales), seguido por un segundo “salto” notable entre 2024 y 2025 (1,33 puntos porcentuales).

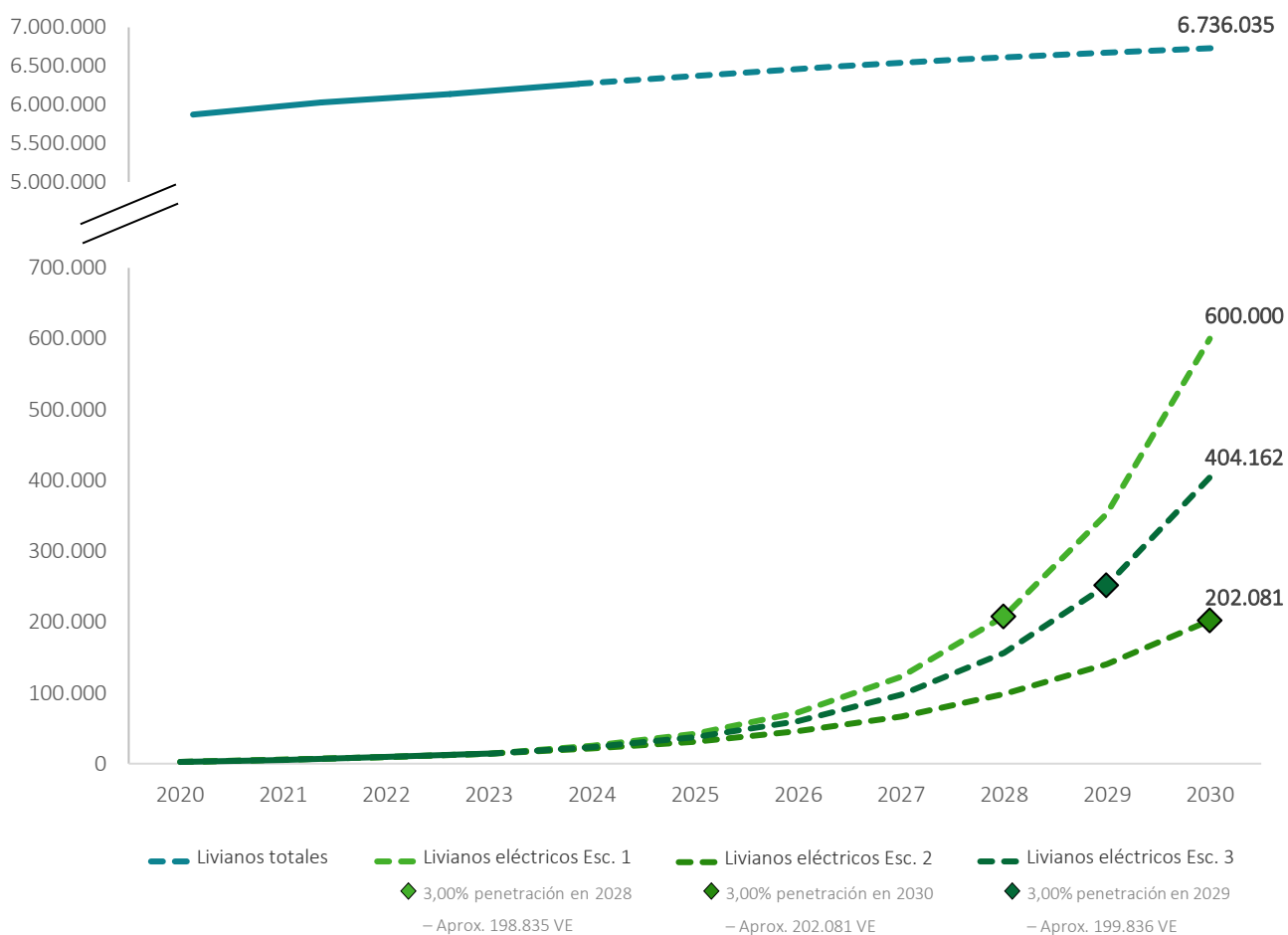
Con el objetivo de ofrecer una evaluación precisa del panorama futuro, se ha optado por centrar el análisis en escenarios que incorporen las últimas consideraciones del mercado y reflejen con mayor precisión la dinámica de la adopción de vehículos eléctricos en el país. Por lo anterior, el escenario 4 no será considerado en el análisis detallado que se desarrollará en el cuerpo del documento, asegurando así que las proyecciones reflejen de manera actualizada la realidad de los vehículos eléctricos en Colombia.

¹³⁵ Fuente: (USAENE, 2022)

Comparativo entre proyecciones

En el gráfico presentado a continuación, se aprecia el crecimiento lineal del parque acumulado de vehículos livianos totales, y el crecimiento exponencial y exponencial suavizado de los tres escenarios de proyección de vehículos eléctricos livianos:

Figura 41. Parque acumulado de vehículos livianos totales y eléctricos real 2020-2023 y proyectado 2024-2030



Fuente: Análisis Deloitte sobre datos reales a diciembre 2023 obtenidos del RUNT y ANDEMOS¹³⁶

¹³⁶ Los datos proyectados de enero 2024 a diciembre 2030 son análisis Deloitte sobre datos reales y otras consideraciones mencionadas en el documento.

Anexo 2. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia

1. Metodología para la caracterización de las zonas de Colombia y la aproximación a las necesidades de infraestructura de carga pública



Metodología: Ciudades principales, ciudades intermedias, ZBDP y No-ZBDP.

El análisis geográfico expuesto en las secciones anteriores se realizó mediante el uso de mapas coropléticos elaborados a partir de datos e información proveniente de diversas fuentes. La tabla a continuación presentada detalla cada una de las fuentes e indicadores utilizados.

Tabla 27. Indicadores utilizados en el análisis geográfico de ciudades y departamentos

Indicador	Unidad	Descripción	Fórmula	Fuente
Densidad de población	Personas por kilómetro cuadrado	Número de habitantes a 2023 estimado por DANE dividido entre el área del departamento o ciudad	$\frac{Habitantes_{2023}}{\text{Área}}$	DANE
Índice de Pobreza Multidimensional	Índice de 0 a 100, siendo 100 pobreza máxima	La Medida de Pobreza Multidimensional Municipal de Fuente Censal está conformada por cinco dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo y condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios; a su vez, estas 5 dimensiones involucran 15 indicadores	Índice_{2018}	DANE
Vehículos eléctricos estimados	Número de vehículos livianos eléctricos	Sumatoria de las matriculaciones de vehículos eléctricos (BEV y PHBEV) livianos (automóvil, pick-up, utilitario, van) entre 2019 y 2023. Esta variable se utiliza como proxy del número total de vehículos eléctricos	$\sum_{2019}^{2023} Mve_i$	ANDEMOS
Infraestructura de carga	Número de punto de carga	Número de puntos de carga estimados por departamento	$\text{Puntos de carga}_{2023}$	Electromaps, entrevistas realizadas
Zonas con desarrollo de redes viales y eléctricas	• Zona no conectada • Zona con conexión vial reducida y Zonas No	Tomando en cuenta la información disponible en mapas del Instituto Nacional de Vías y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas, se caracterizó a los departamentos en tres grupos diferenciados.	• Zona no conectada → si existe mala o nula conexión con la red vial primaria y nula o mala conexión a las redes eléctricas (ZNI). • Zona con conexión vial reducida y Zonas No Interconectadas → si parcialmente	INVIAS, IPSE

Indicador	Unidad	Descripción	Fórmula	Fuente
	Interconectadas • Conectada		existe conexión con la red vial primaria pero mala conexión a las redes eléctricas (ZNI). • Conectada → tanto buena conexión a la red vial primaria como al Sistema Interconectado Nacional.	
Índice de calidad de las redes	Índice de base 100	Media simple de los índices SAIDI (duración de los cortes) y SAIFI (frecuencia de los cortes) transformados a base cien. Se estableció al departamento de Cundinamarca como base 100 de los indicadores SAIDI y SAIFI. Posteriormente, mediante una regla de 3 inversa, se obtuvo los valores correspondientes para cada departamento. Por último, se realizó una media simple de ambos índices.	$\frac{\text{Índice_SAIDI}_{i,2021} + \text{Índice_SAIFI}_{i,2021}}{2}$ A mayor índice, mayor calidad	Superservicios

Posteriormente a la obtención de datos, se unificó y estandarizó la base de datos para obtener una única base común con ciudades principales y departamentos sin contar las ciudades principales. Por ejemplo, el valor del departamento de Antioquia en cuanto a vehículos eléctricos corresponde al valor sin contar aquellos localizados en las ciudades de Medellín ni Bello. Así pues, se pudo obtener la siguiente base de datos para ciudades y para departamentos.

Tabla 28. Dataframe correspondiente a las ciudades

Municipio	Departamento	Código del municipio	Densidad de población	Índice de Pobreza Multidimensional	Vehículos eléctricos estimados	Estaciones de recarga	Calidad de las redes ¹³⁷	Zonas con desarrollo de redes viales y eléctricas
Barranquilla	Atlántico	08001	7.973	17	82	3	37	Conectada
Bello	Antioquia	05088	3.957	14	74	1	175	Conectada
Bogotá	Bogotá	11001	4.983	9	7.961	53	425	Conectada
Bucaramanga	Santander	68001	3.795	14	87	4	121	Conectada
Cali	Valle del Cauca	76001	4.058	12	440	10	203	Conectada
Cartagena	Bolívar	13001	1.484	20	13	3	27	Conectada
Cúcuta	Norte de Santander	54001	686	26	26	2	149	Conectada
Ibagué	Tolima	73001	377	15	73	6	54	Conectada
Medellín	Antioquia	05001	6.830	13	2.187	30	175	Conectada
Montería	Córdoba	23001	167	27	1	NA/ND	20	Conectada
Santa Marta	Magdalena	47001	227	24	2	NA/ND	22	Conectada
Soacha	Cundinamarca	25754	4.254	14	23	3	100	Conectada
Soledad	Atlántico	08758	10.090	19	NA/ND	NA/ND	37	Conectada
Valledupar	César	20001	124	31	1	1	32	Conectada
Villavicencio	Meta	50001	440	16	53	2	95	Conectada

Tabla 29. Dataframe correspondiente a departamento (sin contabilizar ciudades)

Departamento	Densidad de población	Índice de Pobreza Multidimensional	Vehículos eléctricos estimados	Estaciones de recarga	Calidad de las redes	Zonas con desarrollo de redes viales y eléctricas
Amazonas	1	60	NA/ND	NA/ND	NA/ND	Zona no conectada
Antioquia	109	22	3.641	46	175	Conectada
Arauca	13	42	1	NA/ND	44	Zona no conectada
Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina	1.197	17	4	NA/ND	NA/ND	Zona no conectada

¹³⁷ El dato corresponde al dato del departamento ya que no fue posible obtener el dato a nivel ciudad.

Departamento	Densidad de población	Índice de Pobreza Multidimensional	Vehículos eléctricos estimados	Estaciones de recarga	Calidad de las redes	Zonas con desarrollo de redes viales y eléctricas
Atlántico	850	23	84	4	37	Conectada
Bolívar	81	38	20	4	27	Conectada
Boyacá	53	26	20	7	259	Conectada
Caldas	130	23	96	5	87	Conectada
Caquetá	5	44	1	NA/ND	26	Zona no conectada
Casanare	10	30	6	NA/ND	NA/ND	Zona no conectada
Cauca	49	38	17	4	78	Conectada
César	60	39	1	3	32	Conectada
Chocó	10	64	NA/ND	NA/ND	56	Zona no conectada
Córdoba	73	45	1	NA/ND	20	Conectada
Cundinamarca	145	16	1.115	18	100	Conectada
Guainía	1	75	NA/ND	NA/ND	NA/ND	Zona no conectada
Guaviare	2	48	NA/ND	NA/ND	202	Zona no conectada
Huila	59	32	24	3	66	Conectada
La Guajira	49	60	NA/ND	1	26	Conectada
Magdalena	60	43	2	NA/ND	22	Conectada
Meta	13	25	58	4	95	Zona con conexión vial reducida y Zonas No Interconectadas
Nariño	56	40	8	4	42	Conectada
Norte de Santander	77	34	282	2	149	Conectada
Putumayo	15	41	NA/ND	NA/ND	51	Zona con conexión vial reducida y Zonas No Interconectadas
Quindío	263	18	20	12	280	Conectada
Risaralda	248	20	187	12	102	Conectada
Santander	75	22	147	10	121	Conectada
Sucre	98	46	1	3	21	Conectada
Tolima	57	28	86	7	54	Conectada
Valle del Cauca	216	16	488	16	203	Conectada

Departamento	Densidad de población	Índice de Pobreza Multidimensional	Vehículos eléctricos estimados	Estaciones de recarga	Calidad de las redes	Zonas con desarrollo de redes viales y eléctricas
Vaupés	1	79	NA/ND	NA/ND	NA/ND	Zona no conectada
Vichada	3	81	NA/ND	NA/ND	NA/ND	Zona no conectada

Tabla 30. Departamento/ciudad y principal(es) modelo(s) de negocio sugeridos después del análisis realizado

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido
Barranquilla	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.
Bello, Antioquia	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.
Bogotá	Bogotá	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.
Bucaramanga	Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.
Cali	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.
Cartagena, Colombia	Bolívar Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.
Cúcuta	Norte de Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.
Ibagué	Tolima Department	No-ZBDP	ESP
Medellín	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.
Montería	Córdoba Department	No-ZBDP	ESP
Santa Marta	Magdalena Department	No-ZBDP	ESP
Soacha	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.
Soledad, Atlántico	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.
Valledupar	Cesar Department	No-ZBDP	ESP
Villavicencio	Meta Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.
	Cauca Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Magdalena Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Nariño Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Santander Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Córdoba Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Bolívar Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Sucre Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido
	Cesar Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Norte de Santander Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Boyacá Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Huila Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	La Guajira Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Tolima Department	ZBDP	Público/ESP/Comunidad energética
	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.
	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.
	Risaralda Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.
	Caldas Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.
	Quindío Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.
	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.
	Atlántico Department	No-ZBDP	ESP
	Meta Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.
	Putumayo Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.
	Amazonas Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Arauca Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina	No-ZBDP	Baja prioridad.
	Caquetá Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Casanare Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Chocó Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Guainía Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Guaviare Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Vaupés Department	ZBDP	Baja prioridad.
	Vichada Department	ZBDP	Baja prioridad.

Estos datos sirvieron para la elaboración del análisis que conduciría a los potenciales modelos de negocio por zonas y a la elaboración de mapas coropléticos.

Posteriormente y, una vez establecido el potencial modelo de negocio para cada ciudad o departamento, con el objeto de estimar el número de infraestructura de carga necesaria para cada modelo, se llevó a cabo un análisis de la siguiente forma¹³⁸.

1

Se estimó el parque vehicular total tal que:

- Para los departamentos: del informe “Balance en cifras RUNT 2022” se sumó los vehículos que habían pasado la Revisión Técnica Mecánica y aquellos que no, con el fin de estimar el parque vehicular total a nivel departamental.
- Para las ciudades: del informe “Boletín Estadístico Consolidado 2020” de ASOCDA, se sumó los vehículos que habían pasado la Revisión Técnica Mecánica y aquellos que no, con el fin de estimar el parque vehicular total a nivel ciudad. Posteriormente, con objeto de tener una aproximación del parque vehicular a 2022, se multiplicó dichos valores obtenidos para el año 2020 por la tasa de crecimiento del parque vehicular total entre 2020 y 2022, proporcionado por la RUNT.

De esta manera se pudo obtener la distribución del parque vehicular entre las Ciudades Principales, Intermedias y Departamentos en 2022. Por ejemplo, esta distribución muestra que, en 2022, Bogotá representaba aproximadamente el 15% del parque vehicular total de Colombia.

2

Se calculó la distribución del número de puntos de carga lenta para cada Ciudad y Departamento, contemplando los 3 escenarios descritos en el apartado “2. Establecimiento de necesidades de cargadores públicos”¹³⁹, tal que:

- Se asumió que:
 - En las zonas con modelo “Privado. Apoyo público alto.” y modelo “Público” el número de infraestructura de carga se reparte en un porcentaje igual entre ambos modelos, es decir, el 50% de la infraestructura desplegada en dichas zonas será mediante un modelo “Privado. Apoyo público alto.” El 50% mediante un modelo “Público”.
 - En aquellas zonas con modelo de negocio “ESP” y “Público” se asume que el 100 % se desarrollará mediante modelo “ESP”.
 - El modelo “Comunidad energética” puede ser desarrollado en todo el territorio nacional y, para objetos ilustrativos, se asume que representaría un 10 % de toda la infraestructura de carga nacional.
- Se utilizó el valor de la distribución del parque vehicular total por ciudades y departamentos como variable proxy para la distribución de infraestructura de carga lenta. Es decir, asumiendo que Bogotá representará aproximadamente el 15 % del parque vehicular total de Colombia, Bogotá requerirá aproximadamente el 15 % de la infraestructura de carga lenta en cada escenario contemplado.

¹³⁸ Este dato se estimó debido a la dificultad de obtener el dato real por parte del RUNT ya que este ofrece un dato a nivel país y no desagregado por departamento, municipio y tipo de vehículo. En general, una de las principales dificultades encontradas durante el análisis fue la obtención de datos actualizados y desagregados.

¹³⁹ Se estima la distribución de puntos de carga en base a la estimación de puntos de carga lentos para cada escenario de penetración de VE en Colombia, realizada en el apartado “2. Establecimiento de necesidades de cargadores públicos” y no en base a la estimación de puntos de carga totales, por considerar prioritario el despliegue de infraestructura de carga rápida en las vías nacionales y en los Hubs de movilidad y para no sobredimensionar las necesidades de infraestructura de carga rápida en Colombia.

- Se eliminó de la distribución del número de puntos de carga a aquellos Departamentos identificados en el apartado “3.2.3.1 Caracterización de las Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP” como zonas “ZBDP: Zona no conectada” y por tanto, identificadas en el análisis como zonas con “Baja prioridad para el desarrollo de infraestructura de carga pública”.

3

Para **calcular la distribución del número de puntos de carga rápida** asociada a **cada Ciudad y Departamento, contemplando los 3 escenarios**, se tuvo en cuenta las características de cada zona (en función del resultado del estudio realizado en el apartado “3.2.3.1 Caracterización de las Zonas de Baja Densidad Población (ZBDP) y No-ZBDP”, así como del modelo de negocio propuesto para cada zona con base en los posibles riesgos identificados).

Si bien es cierto que en el apartado “2. Identificación de necesidades de cargadores públicos” se propuso con base en las experiencias internacionales, **una distribución nacional aproximada alrededor del 15% de carga rápida y 85% de carga lenta**, cuando la penetración del VE sea entre el 1,5 y 3% del parque vehicular ligero de Colombia, la siguiente distribución que se propone entre tipologías de infraestructura de carga para cada zona se realiza con el fin de adaptar la distribución de cargadores a las especificaciones de cada tipología de ciudad y departamento de Colombia. **Con base en lo anterior, se sugiere un porcentaje mayor de infraestructura de carga rápida en aquellas ciudades con mayor desarrollo de movilidad eléctrica, mayor densidad de población, menor índice de pobreza y mayor calidad de redes eléctricas, atendiendo a que en dichas zonas la necesidad de cargas rápidas será mayor.** De forma que conforme varíen las características mencionadas, varíe la proporción de infraestructura de carga rápida y lenta.

Con objeto de identificar a las ciudades y departamentos clasificados en los siguientes bullets, ver la Tabla 30 de este documento.

En este sentido, se contempla la siguiente distribución de la infraestructura de carga:

- Para aquellas ciudades o departamentos en los cuales existe actualmente un Ecosistema de la Movilidad Eléctrica en Desarrollo, cuyo modelo de negocio potencial sería *privado con apoyo público reducido*, la proporción entre carga lenta y rápida podría ser de aproximadamente 15 % rápidos y 85 % lentos.
- Para las ciudades o departamentos cuyo modelo de negocio potencial sería *privado con apoyo público bajo*, la relación sería de alrededor de 10 % rápidos, 90 % lentos.
- Para las ciudades o departamentos cuyo modelo de negocio potencial sería *privado con apoyo público moderado*, la relación sería de alrededor de 8 % rápidos, 92 % lentos.
- Para las ciudades o departamentos cuyo modelo de negocio potencial sería *privado con apoyo público alto* la proporción podría ser de 5 % rápidos y 95% lentos.
- Para las ciudades o departamentos cuyo modelo de negocio potencial sería *Empresa de Servicios Públicos* la proporción podría ser de 3 % rápidos y 97% lentos.

Es importante destacar que esta distribución de tipologías de infraestructura de carga en las ciudades es orientativa y se ha realizado con objeto de obtener una aproximación a los recursos económicos que serán necesarios impulsar para incentivar el despliegue a gran escala de la infraestructura de carga pública en Colombia. En este sentido, la distribución real entre las tipologías de carga que finalmente se obtenga en Colombia dependerá del interés comercial de los agentes por instalar una tipología u otra de infraestructura de carga. Es relevante comprender que este **interés de los actores dependerá** en gran medida de cómo se estructura el modelo de negocio en cada proyecto y de los **costos e ingresos que se dispongan para obtener una rentabilidad razonable**. Los proyectos con mayores costos y, por ende, mayores riesgos para

alcanzar el cierre financiero deseado serán menos atractivos para los actores. Por lo tanto, se requerirá apoyo público para incentivar este tipo de proyectos.

Es por ello por lo que con objeto de no sobredimensionar la aproximación a los recursos económicos que se estiman necesarios en este documento, en aquellas ubicaciones para las cuales se ha identificado que se precisará de mayor apoyo público (después de haber realizado el análisis detallado en el apartado 3. *Identificación de potenciales modelos de negocio en Colombia*), se ha reducido el número de infraestructura de carga rápida que se estima con objeto de disminuir el apoyo público total que será necesario aportar para alcanzar un despliegue nacional a gran escala.

Agregando los resultado de la Tabla 30 y siguiendo la metodología que se acaba de describir, se obtienen las siguientes tablas con el número de infraestructura por modelo de negocio y zona por escenario¹⁴⁰.

Tabla 31. Escenario 1 - Número de infraestructura de recarga por modelo y zona

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
Barranquilla	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	353	29
Bello, Antioquia	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	151	16
Bogotá	Bogotá	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	2.649	435
Bucaramanga	Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	281	30
Cali	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	944	99
Cartagena, Colombia	Bolívar Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	121	10
Cúcuta	Norte de Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	186	9
Ibagué	Tolima Department	No-ZBDP	ESP	290	10
Medellín	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.030	169
Montería	Córdoba Department	No-ZBDP	ESP	57	2
Santa Marta	Magdalena Department	No-ZBDP	ESP	63	2
Soacha	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	202	21
Soledad, Atlántico	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	134	11
Valledupar	Cesar Department	No-ZBDP	ESP	87	3
Villavicencio	Meta Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	231	11
	Bolívar Department	ZBDP	Público/ESP	303	10

¹⁴⁰ El modelo de Comunidades energéticas se aplica a toda Colombia. El número de infraestructura tiene en cuenta el correspondiente a Comunidades energéticas.

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
	Boyacá Department	ZBDP	Público/ESP	277	9
	Cauca Department	ZBDP	Público/ESP	365	12
	Cesar Department	ZBDP	Público/ESP	121	4
	Córdoba Department	ZBDP	Público/ESP	540	18
	Huila Department	ZBDP	Público/ESP	494	16
	La Guajira Department	ZBDP	Público/ESP	32	1
	Magdalena Department	ZBDP	Público/ESP	253	8
	Nariño Department	ZBDP	Público/ESP	446	15
	Norte de Santander Department	ZBDP	Público/ESP	212	7
	Santander Department	ZBDP	Público/ESP	748	25
	Sucre Department	ZBDP	Público/ESP	187	6
	Tolima Department	ZBDP	Público/ESP	163	5
	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.535	252
	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.685	276
	Caldas Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	421	20
	Quindío Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	254	12
	Risaralda Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	388	18
	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	1.126	54
	Atlántico Department	No-ZBDP	ESP	69	2
	Meta Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.	-	15
	Putumayo Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.	-	4
	Amazonas Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Arauca Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina	No-ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Caquetá Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Casanare Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Chocó Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Guainía Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Guaviare Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
	Vaupés Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Vichada Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-

Tabla 32. Escenario 2 - Número de infraestructura de recarga por modelo y zona

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
Barranquilla	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	358	30
Bello, Antioquia	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	154	16
Bogotá	Bogotá	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	2.693	442
Bucaramanga	Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	285	30
Cali	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	959	101
Cartagena, Colombia	Bolívar Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	123	10
Cúcuta	Norte de Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	189	9
Ibagué	Tolima Department	No-ZBDP	ESP	294	10
Medellín	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.047	172
Montería	Córdoba Department	No-ZBDP	ESP	58	2
Santa Marta	Magdalena Department	No-ZBDP	ESP	64	2
Soacha	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	206	22
Soledad, Atlántico	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	136	11
Valledupar	Cesar Department	No-ZBDP	ESP	88	3
Villavicencio	Meta Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	235	11
	Bolívar Department	ZBDP	Público/ESP	308	10
	Boyacá Department	ZBDP	Público/ESP	281	9
	Cauca Department	ZBDP	Público/ESP	371	12
	Cesar Department	ZBDP	Público/ESP	122	4
	Córdoba Department	ZBDP	Público/ESP	549	18
	Huila Department	ZBDP	Público/ESP	502	17
	La Guajira Department	ZBDP	Público/ESP	33	1
	Magdalena Department	ZBDP	Público/ESP	257	9
	Nariño Department	ZBDP	Público/ESP	453	15

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
	Norte de Santander Department	ZBDP	Público/ESP	215	7
	Santander Department	ZBDP	Público/ESP	760	25
	Sucre Department	ZBDP	Público/ESP	190	6
	Tolima Department	ZBDP	Público/ESP	165	5
	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.560	256
	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.712	281
	Caldas Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	428	20
	Quindío Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	258	12
	Risaralda Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	394	19
	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	1.145	55
	Atlántico Department	No-ZBDP	ESP	70	2
	Meta Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.	-	15
	Putumayo Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.	-	4
	Amazonas Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Arauca Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina	No-ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Caquetá Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Casanare Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Chocó Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Guainía Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Guaviare Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Vaupés Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Vichada Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-

Tabla 33. Escenario 3 - Número de infraestructura de recarga por modelo y zona

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
Barranquilla	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	354	30
Bello, Antioquia	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	152	16
Bogotá	Bogotá	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	2.663	437
Bucaramanga	Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	282	30
Cali	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	949	100
Cartagena, Colombia	Bolívar Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	121	10
Cúcuta	Norte de Santander Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	187	9
Ibagué	Tolima Department	No-ZBDP	ESP	291	10
Medellín	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.035	170
Montería	Córdoba Department	No-ZBDP	ESP	58	2
Santa Marta	Magdalena Department	No-ZBDP	ESP	63	2
Soacha	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público bajo.	203	21
Soledad, Atlántico	Atlántico Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público moderado.	135	11
Valledupar	Cesar Department	No-ZBDP	ESP	87	3
Villavicencio	Meta Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	232	11
	Bolívar Department	ZBDP	Público/ESP	304	10
	Boyacá Department	ZBDP	Público/ESP	278	9
	Cauca Department	ZBDP	Público/ESP	367	12
	Cesar Department	ZBDP	Público/ESP	121	4
	Córdoba Department	ZBDP	Público/ESP	543	18
	Huila Department	ZBDP	Público/ESP	496	16
	La Guajira Department	ZBDP	Público/ESP	32	1
	Magdalena Department	ZBDP	Público/ESP	254	8
	Nariño Department	ZBDP	Público/ESP	448	15
	Norte de Santander Department	ZBDP	Público/ESP	213	7
	Santander Department	ZBDP	Público/ESP	752	25
	Sucre Department	ZBDP	Público/ESP	188	6
	Tolima Department	ZBDP	Público/ESP	163	5
	Antioquia Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.543	253

Municipio	Departamento	Categoría	Principal modelo de negocio sugerido	Número de infraestructura lenta	Número de infraestructura rápida
	Cundinamarca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público reducido.	1.693	278
	Caldas Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	423	20
	Quindío Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	255	12
	Risaralda Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	390	19
	Valle del Cauca Department	No-ZBDP	Privado. Apoyo público alto/Público.	1.132	54
	Atlántico Department	No-ZBDP	ESP	69	2
	Meta Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.	-	15
	Putumayo Department	ZBDP	Concesional en carreteras secundarias.	-	4
	Amazonas Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Arauca Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina	No-ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Caquetá Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Casanare Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Chocó Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Guainía Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Guaviare Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Vaupés Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-
	Vichada Department	ZBDP	Baja prioridad.	-	-

De esta manera se ha obtenido el número de infraestructura de carga necesaria para cada modelo de negocio con base en los 3 escenarios de penetración planteados en el apartado “2. Establecimiento de necesidades de cargadores públicos”.

Con estos datos y los costos estimados por tipología de punto de carga calculados en el Entregable 1 e, identificados en el apartado “3.1.3 Inversión potencial necesaria”, se pudo estimar el costo total estimado de la infraestructura de carga pública para cada modelo de negocio y escenario contemplado, considerando:

- El CAPEX asociado al punto de carga rápida es de 25.000USD y para carga lenta es de 1.000USD.
- El CAPEX asociado a la obra civil y eléctrica del punto de carga rápida es de 49.000 USD y para carga lenta es de 2.000USD.

- Y en particular, para los puntos de carga rápida, el 45% se corresponde con un Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica en comparación con el contexto internacional, quedando el 55% restante del CAPEX asociado a costos de obra civil y eléctrica que son acordes al contexto internacional.
- Dicha partida se sobrecosto, no se contempla en los puntos de carga lentos.

Con objeto de identificar los resultados, ver las Tabla 5, 6 y 7 de este documento en referencia a la inversión necesaria para las ZBDP y No-ZBDP. Para identificar los resultados en referencia a la inversión necesaria para los Hubs de movilidad y las vías nacionales, ver la Tabla 15 de este documento.



Metodología: Carreteras y Hubs de movilidad.

Por su parte, la metodología llevada a cabo para determinar la distancia máxima entre estaciones de servicio por la red vial primaria se basó en la recopilación de datos de la autonomía de los vehículos eléctricos comercializados en Colombia y la aplicación de diversos factores que afectan en mayor medida a la autonomía de las baterías de los vehículos eléctricos tal y como señalan diversas fuentes de la aliteratura revisada como (Alke Electric Vehicles, 2023) (Endolla, 2021) (Chen, et al., 2022) (Younes, et al., 2013) (European Alternative Fuels Observatory, 2024) (Alex, et al., 2020) (Armenta-Deu & Cattin, 2021), entre otros.

Así pues, el procedimiento llevado a cabo fue:

1

Recopilación de datos de los modelos de vehículos eléctricos más comercializados en Colombia

Para ello, en primer lugar se recopiló información de diversas fuentes, como ANDEMOS, y, posteriormente, con las respectivas fichas técnicas (si las hubiera), se determinó la autonomía teórica media de un vehículo eléctrico en Colombia.

Tabla 34. Características de los vehículos eléctricos comercializados en Colombia

Marca	Modelo	Autonomía teórica (km)	Tipo de cargador	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (horas)	Energía de la batería (kwh)
Zhindou	D2S	150	No disponible	No disponible	8	18
BYD	BYD Yuan Plus	480	GB/T	80 DC - 5,6 AC	1 hora en rápida DC / 11 horas en lenta AC	60,48
BYD	BYD iDolphin	405	GB/T	50 DC - 5,6 AC	1 hora en rápida DC / 8 horas en lenta AC	44,9
Mini	Cooper	232	CCS	50 DC - 11AC	0,58 horas en rápida DC / 2,5 horas en lenta AC	32,6
Mazda	MX-30	224	No disponible	No disponible	No disponible	35,5
BMW	iX xDrive50	620	No disponible	50 DC	2,17 horas en rápida DC	No disponible
BMW	i5	497	No disponible	11 AC	8,25 horas en lenta AC	No disponible

Marca	Modelo	Autonomía teórica (km)	Tipo de cargador	Potencia (kW)	Tiempo de recarga (horas)	Energía de la batería (kwh)
BMW	iX xDrive40	420	No disponible	50 DC	1,5 horas en rápida DC	No disponible
BYD	D1	419	No disponible	No disponible	0,58 horas	No disponible
BYD	D1	418	No disponible	No disponible	9 horas	No disponible
BYD	E5	400	No disponible	No disponible	1,5 horas	No disponible
Chevrolet	Chevrolet Bolt	397	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
MG	MG Marvel R	402	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
Renault	Renault Zoe	395	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible

Promedio 390

Así pues, esta autonomía media teórica es de aproximadamente **390 km.**

2

Estimación de la autonomía real.

Con base en diversas fuentes como (Czajka, 2023), (Iclodean, et al., 2017) (European Alternative Fuels Observatory, 2024) (Electric Vehicle Database, 2023), se estimó la disminución de autonomía respecto a la teórica. De esta manera, se pudo obtener que, en promedio, **un vehículo eléctrico pierde un 36 % de km de autonomía** respecto a la establecida en las fichas técnicas del fabricante.

Tabla 35. Autonomía real estimada para los vehículos eléctricos comercializados en Colombia

Marca	Modelo	Autonomía real estimada
Zhindou	D2S	96
BYD	BYD Yuan Plus	307
BYD	BYD iDolphin	259
Mini	Cooper	148
Mazda	MX-30	140
BMW	iX xDrive50	434
BMW	i5	318
BMW	iX xDrive40	269
BYD	D1	268

Marca	Modelo	Autonomía real estimada
BYD	D1	267
BYD	E5	256
Chevrolet	Chevrolet Bolt	254
MG	MG Marvel R	257
Renault	Renault Zoe	253
Promedio		252

Esto supone que, en promedio, la **autonomía real** de un vehículo eléctrico en Colombia sea de **aproximadamente 252 km.**

3

Identificación de factores que afectan a la autonomía real del vehículo.

La literatura revisada como (Armenta-Deu & Cattin, 2021) (Endolla, 2021) (Younes, et al., 2013) (Alex, et al., 2020) se identificó la cuantificación de la afección que ciertos factores ejercen sobre la autonomía real de los vehículos eléctricos. De estos y, con base en las características de la red vial primaria de Colombia, se priorizaron 3.



Temperatura.

Las temperaturas son de los principales factores que pueden modificar la autonomía y durabilidad de una batería. Usualmente se señala a las bajas temperaturas como la principal razón de la reducción en la duración de la batería de un vehículo eléctrico, sin embargo, las altas temperaturas también pueden llegar a afectar a un vehículo eléctrico. Colombia, por su diversidad de climas, presenta zonas con temperaturas y humedad altas, como la costa del Caribe, y zonas con temperaturas más frías como el altiplano andino. Estos cambios significativos en las temperaturas pueden influir en la autonomía de los vehículos, por ello, algunos estudios¹⁴¹ señalan que esta afectación puede ser del 11 %.

Si se aplica este porcentaje al resultado anterior, se obtiene una autonomía de **224 km.**



Tipo de conducción

La forma en que se conduce también puede afectar a la duración en la autonomía de un vehículo eléctrico. En este caso, ciertos artículos¹⁴² señalan que el **tipo de conducción puede afectar hasta en un 30 % a la autonomía.** Por ello, si se aplica dicho factor a al número previo se obtiene un rango de **157 km.**

¹⁴¹ (Alex, et al., 2020)

¹⁴² (Armenta-Deu & Cattin, 2021)



Ansiedad de carga

Por último, usualmente, un usuario de vehículo eléctrico no espera hasta tener el mínimo de batería para cargar. Típicamente se tiene en cuenta diversos factores como la ruta por donde se circula, el tráfico estimado, el tiempo de carga, entre otros. Así pues, con el objeto de que esta ansiedad de carga no sea crítica para el usuario, se ha estimado que el factor se **corresponda con el 50 %**.

Así pues, el valor final de la **distancia máxima estima entre estaciones de carga** ubicadas **en carreteras** es de 78 km, por simplicidad, se redondea a **80 km**.

Con objeto de identificar los resultados, ver la Tabla 12 de este documento.

4

Identificación de los principales Hubs de movilidad.

Como se ha mencionado durante el cuerpo del documento, al instalar estaciones de carga para vehículos eléctricos en Hubs de movilidad como aeropuertos, puertos, etc., **los usuarios pueden cargar fácilmente sus vehículos mientras esperan o se dirigen a su destino final**. En este sentido, se ha considerado incluir a los 4 principales puertos marítimos y 4 principales aeropuertos de Colombia. Para ello **se ha tenido en cuenta las siguientes características¹⁴³** para cada hub de movilidad:



Puerto de Cartagena de Indias

Este puerto se sitúa en proximidad al canal de Panamá y la bahía de Cartagena pudiendo llegar a ofrecer ventajas estratégicas para las operaciones marítimas. Además, en 2021, fue el principal puerto de entrada para turistas en Colombia.

Puerto de Buenaventura

Se ubica en la costa del pacífico colombiano y , al ser el puerto más cercano a Cali y Bogotá, representa un importante ingreso a las aduanas de Colombia y, por lo tanto, un importante hub de movilidad

Puerto de Barranquilla

Barranquilla, al igual que Cartagena, representa un atractivo turístico e industrial. En este sentido, este puerto puede llegar a almacenar 350 mil barriles de petróleo y otros productos derivados de las refinerías según las fuentes consultadas.

Puerto de Santa Marta

Ubicado en el extremo noroccidental de la ciudad intermedia de Santa Marta. Cuenta con una amplia capacidad para el transporte y almacenamiento de contenedores.

Aeropuerto de Bogotá

Es el principal aeropuerto de Colombia en cuanto a pasajeros y carga, y el número de tres de Latinoamérica respecto a únicamente carga. Se ubica a

¹⁴³ Información se ha obtenido de diversas fuentes tales como: (Aeronáutica civil. Unidad Administrativa Especial, 2024), (Superintendencia de Transporte, 2023), (Juárez, 2022).



Aeropuerto de Medellín	aproximadamente 12 km del centro de la ciudad y cuentas con dos terminales. Este aeropuerto se ubica en Rionegro y sirve a la ciudad de Medellín. Es el segundo aeropuerto con mayor afluencia de pasajeros y de carga en Colombia contando con un terminal para cada uno. Situado en Palmira, sirve como aeropuerto de la tercera ciudad más poblada de Colombia (Cali). Ofrece, a última fecha de actualización, 9 destinos internacionales situándolo como uno de los principales aeropuertos internacionales de Colombia.
Aeropuerto de Cali	Se ubica a aproximadamente 12 km del puerto de Barranquilla, en el municipio de Soledad. Cuenta con una terminal de pasajeros y una terminal de carga. De este modo, Barranquilla, al disponer de un puerto y aeropuerto principal, representa un importante hub de movilidad.
Aeropuerto de Barranquilla	

Con objeto de identificar los resultados, ver la Tabla 13 de este documento.

Con estos datos de número de puntos de carga para las vías nacionales primarias y Hubs de movilidad de Colombia y los costos estimados por tipología de punto de carga calculados en el Entregable 1 e, identificados en el apartado “3.1.3 Inversión potencial necesaria”, se pudo estimar el costo total estimado de la infraestructura de carga pública, considerando:

- El CAPEX asociado al punto de carga rápida es de 25.000USD y para carga lenta es de 1.000USD.
- El CAPEX asociado a la obra civil y eléctrica del punto de carga rápida es de 49.000 USD y para carga lenta es de 2.000USD.
 - o Y en particular, para los puntos de carga rápida, el 45% se corresponde con un Sobrecosto asociado a la obra civil y eléctrica en comparación con el contexto internacional, quedando el 55% restante del CAPEX asociado a costos de obra civil y eléctrica que son acordes al contexto internacional.
 - o Dicha partida se sobrecosto, no se contempla en los puntos de carga lentos.

Con objeto de identificar los resultados, ver la Tabla 15 de este documento.

Anexo 3. Metodología para la aproximación a las necesidades de apoyo público

En el apartado de este documento llamado “3.1.3 Inversión potencial necesaria” se **ha identificado que una de las barreras significativas para la participación del sector privado en el despliegue de infraestructura de carga pública radica en el CAPEX inicial asociado a los proyectos. Problemática que se acentúa en el caso de la infraestructura de carga rápida.**

Seguidamente, en el apartado de este documento llamado “3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia” se **han identificado cualitativamente 4 niveles de apoyo público (reducido, bajo, moderado, alto) con objeto de diferenciar la intensidad de apoyo público que necesitarían los proyectos de infraestructura de carga pública** que se desarrollen en Colombia, en función del análisis cualitativo de los riesgos a los que típicamente se podrían enfrentar los proyectos que se desarrollen en cada zona estratégica y en base los modelos de negocio potenciales propuestos. Y en particular, respecto aquellos proyectos de infraestructura de carga pública que se desarrollen en base a un **modelo de negocio de comunidad energética se ha propuesto incrementar la intensidad del apoyo público** respecto al apoyo público definido en el caso de otros modelos de negocio. Este aumento en el apoyo público tiene como objetivo fomentar la adopción de las Comunidades energéticas en Colombia.

Si bien es cierto que en este documento se propone que el **apoyo público** que se proporcione en estos casos sea **aplicable a la inversión necesaria para la implementación de infraestructura de carga pública** en la comunidad energética, es **importante reconocer que las diversas actividades de las comunidades energéticas solo pueden ser promovidas si existe un sólido caso de negocio para hacerlo**. Es por ello que con el fin de incentivar el despliegue de las comunidades energéticas en Colombia, se ha propuesto incrementar el apoyo público para fomentar estos modelos de negocio en Colombia. **Un análisis de las muchas comunidades energéticas existentes muestra que muchas de ellas dependen de algún tipo de apoyo gubernamental durante la fase de inicio, planificación y construcción para mantener un modelo de negocio efectivo¹⁴⁴**. Algunos países europeos se están definiendo algún tipo de apoyo para las comunidades energéticas en los **programas de financiamiento**, incluidos el Fondo de Modernización, los Fondos de Recuperación y Resiliencia Nacionales y los Fondos de Política de Cohesión (incluido el Fondo de Transición Justa), así como **esquemas de apoyo público**. Si bien ambos mecanismos son reconocidos y solicitados por los actores de las comunidades energéticas, el proceso de solicitud a menudo puede describirse como altamente complejo y aumentar la inversión de tiempo necesaria para realizar un proyecto de comunidad energética. **Los mecanismos diseñados para apoyar el desarrollo de comunidades energéticas deberán ser de fácil acceso y entendimiento**. Especialmente, para permitir que los asociados de la comunidad energética (a menudo no técnicos) y las iniciativas ciudadanas impulsen la transición energética local.

En respuesta a este desafío sobre el CAPEX de los proyectos y, con **el propósito de hacer factible el despliegue de la infraestructura de carga pública**, así como de mitigar algunos de los riesgos que se han identificado en este documento a los que se enfrenta el sector privado, **se presenta a continuación la metodología empleada**

¹⁴⁴ (European Commission, November 2023)

para calcular el apoyo público necesario (y de este modo, cuantificar el apoyo público de los 4 niveles identificados: reducido, bajo, moderado, alto) que podría estimular dicho despliegue en función de la tipología de infraestructura de carga, así como del modelo de negocio definido, que este último depende a su vez de la zona estratégica así como de los riesgos identificados en la misma.

1 Se estimó el incremento en el costo total de los proyectos de infraestructura rápida en Colombia en comparación con el contexto internacional que se deriva de los mayores costos de la obra civil y eléctrica en el país, tal que:

- Para Colombia se obtuvo el costo de la obra civil y eléctrica asociado a la instalación de infraestructura de carga rápida que se había identificado en las Entrevistas. (Aproximadamente 49.000 USD)
- Para las experiencias internacionales se obtuvo el costo de la obra civil y eléctrica asociado a la instalación de infraestructura de carga rápida que se había identificado en Otras fuentes de información. (Aproximadamente 14.000 USD)

Ambos datos se identificaron y analizaron en el *Entregable 1: “Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico”*¹⁴⁵.

Esto significa que el 71,43% del costo asociado a la obra civil y eléctrica para la instalación de infraestructura de carga rápida pública en Colombia corresponde a un sobre costo en comparación que el costo internacional de referencia.

2 Se estimó el aumento general del costo del proyecto en Colombia incentivado por los esfuerzos en la obra civil y eléctrica que son necesario acometer en el despliegue de infraestructura de carga rápida pública, tal que:

- Con la información adicional de que el 66,22% representa el costo de la obra civil y eléctrica en Colombia respecto al costo total del proyecto y,
- Multiplicando dicho porcentaje por el porcentaje del costo que corresponde a un sobre costo en comparación que el costo internacional de referencia (71,43%), se obtiene que, aproximadamente el **47,28% del incremento en el costo total del proyecto en Colombia en comparación con el contexto internacional se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en el país.**
- Por simplicidad, **se redondea a 45%.**
- En este sentido, con objeto de incentivar el despliegue de la infraestructura de carga rápida y pública en Colombia, **se propone proporcionar un apoyo público mínimo de un 45% sobre el costo total del proyecto, dado que se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en Colombia.** Dicho apoyo mínimo se propone independientemente del modelo de negocio que se estructure.
- Del mismo modo, **con objeto de no proporcionar un apoyo público sobredimensionado a las necesidades de cada proyecto, así como de garantizar la transparencia y la justificación de este respaldo financiero, se propone la inclusión de criterios específicos.** En primer lugar, se recomienda que los proyectos que busquen acceder a este apoyo público **justifiquen la necesidad de sobre costos** asociados a la obra civil y eléctrica. Para facilitar este proceso, en

¹⁴⁵ AP. 1 Evaluación de la viabilidad técnica y económica del despliegue de infraestructuras de carga del vehículo eléctrico, en el marco del proyecto de consultoría “Mecanismos financieros para apoyar la infraestructura de movilidad eléctrica en Colombia”.

las convocatorias o programas de apoyo se podrían publicar costos estándar asociados a la instalación de la infraestructura. De esta manera, los promotores pueden utilizar estos **precios estándar como referencia y argumentar la existencia de sobrecostos** basados en dichos estándares. En segundo lugar, se propone que, una vez concedido el apoyo público, los promotores estén obligados a **documentar y demostrar mediante información** respaldada la utilización efectiva de los **sobrecostos** que inicialmente justificaron. Esto asegurará la correcta asignación de los recursos públicos y promoverá la rendición de cuentas. Por último, la definición de **convocatorias basadas en concurrencia competitiva**, incentiva a los promotores a presentar propuestas con costos eficientes. Esto fomentaría la competitividad entre proyectos, permitiendo la selección de las iniciativas más viables y rentables.

- Por último, **el apoyo público mínimo (45% sobre el CAPEX total del proyecto) calculado solo se propone aplicar a la infraestructura de carga rápida pública**. En el caso de infraestructura de carga lenta, ni en las entrevistas realizadas, así como en el análisis llevado a cabo en el Entregable 1, se ha identificado que existe un sobrecosto considerable a la obra civil y eléctrica, en comparación con las experiencias internacionales.

3

Se estimó el apoyo público con base en los modelos de negocio propuestos, tal que:

- Con el fin de distinguir la intensidad del apoyo público otorgado entre los distintos modelos de negocio, se llevó a cabo un **benchmark internacional que abarca diversos países**. Este ejercicio tiene como objetivo **obtener una comprensión de los criterios utilizados y las variadas intensidades de apoyo público proporcionadas en el ámbito internacional**.
- En este sentido, en el Anexo 4. de este documento llamado *“Identificación de incentivos públicos internacionales”* se ha identificado que el rango de ayudas al CAPEX de proyectos de infraestructura de carga está **entre el 20% y el 75% del costo total de los proyectos de infraestructura de carga**, incluyendo ambas tipologías de carga rápida y lenta.
- Del mismo modo, en dicho Anexo 4 se ha identificado que para aquellas zonas vulnerables¹⁴⁶, la intensidad de la ayuda **se incrementa entre un 5% y un 10% respecto a la ayuda proporcionada estándar sobre infraestructuras de carga rápidas y lenta**.
- Y finalmente, en dicho Anexo 4 se ha identificado que en el caso de que el proyecto de infraestructura de carga pública se desarrolle en base a un modelo de negocio de comunidad energética, se incrementa el apoyo público en un 10% **respecto a la ayuda proporcionada estándar sobre infraestructuras de carga rápidas y lenta**.

3.1 En el caso de proyectos de infraestructura de carga rápida pública:

- Considerando la ayuda mínima del 45% **sobre el costo total del proyecto que se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en Colombia**.
- **El porcentaje del costo del proyecto que queda por recibir apoyo público es del 55%**. Entendiendo así, que los proyectos de infraestructura de carga que se vayan a realizar en zonas estratégicas con mayores riesgos podrían recibir hasta un máximo del 55% de apoyo público adicional sobre el costo total del proyecto.
- Considerando el análisis realizado de indicadores así como de los riesgos identificados asociados a cada zona estratégica de Colombia y, considerando los modelos de negocio propuestos para cada una de ellas, en el apartado *“3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por*

¹⁴⁶ Entendiendo como zona vulnerable aquella con elevados riesgos de: Tarifa máxima potencial insuficiente; Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas; Demanda insuficiente; Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico; Sobrecostos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas y; Falta de financiación especializada.

zona en Colombia” de este documento se ha identificado para cada modelo de negocio y de forma cualitativa la intensidad de apoyo público que podría definirse con objeto de impulsar el despliegue de la infraestructura de carga pública en dichas zonas.

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO PRIVADOS:

- En este sentido, **para los modelos de negocio privados**, dado el rango de ayudas al CAPEX de las experiencias internacionales (entre un 20% y un 75%), el incremento de las ayudas si el proyecto de infraestructura de carga se lleva a cabo en zonas vulnerables (entre un 5% y un 15%), el incremento de ayudas en un 10% si el proyecto se desarrolla con un modelo de negocio de comunidad energética, el porcentaje del costo que queda por recibir la ayuda (un 55% como máximo para infraestructura de carga rápido), así como el análisis de los riesgos potenciales identificados en las zonas estratégicas donde se ha propuesto el modelo de negocio, **se propone una ayuda adicional al resto del CAPEX del proyecto.**
- Este apoyo adicional **se obtiene de la revisión de las experiencias internacionales, con un mínimo de ayuda del 20% sobre el CAPEX del proyecto y se estructura de manera progresiva, aumentando un 5% en cada nivel de ayuda ascendente** (desde apoyo público reducido a alto). Este enfoque diferenciado es esencial para impulsar la inversión en aquellas áreas de Colombia que presenten mayores riesgos, garantizando así la viabilidad y el éxito de los proyectos de infraestructura de carga pública en el país.

Tabla 36: Intensidad de apoyo público adicional al resto del CAPEX para los modelos de negocio privados que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	% del CAPEX del proyecto que queda por recibir apoyo público [A]	Intensidad de la ayuda adicional [B]	Ayuda adicional al resto del CAPEX [A]*[B]	Ayuda adicional al resto del CAPEX con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo privado. Apoyo público reducido	55%	10%	5%	15%
Modelo privado. Apoyo público bajo		15%	10%	20%
Modelo privado. Apoyo público moderado		20%	15%	25%
Modelo privado. Apoyo público alto		25%	20%	30%

- Considerando la ayuda mínima del 45% sobre el costo total del proyecto que se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en Colombia. Así como la ayuda adicional al resto del CAPEX calculada en el apartado anterior, **se propone las siguientes ayudas máximas a considerar para cada modelo de negocio:**

Tabla 37: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio privados que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobre coste obra civil	Intensidad total de la ayuda	Intensidad total de la ayuda con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo privado. Apoyo público reducido	5%	45%	50%	60%
Modelo privado. Apoyo público bajo	10%	45%	55%	65%
Modelo privado. Apoyo público moderado	15%	45%	60%	70%
Modelo privado. Apoyo público alto	20%	45%	65%	75%

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO CON ESQUEMA CONCESIONAL:

- Para los **modelos de negocio con esquema concesional** y dado el rango de ayudas al CAPEX de las experiencias internacionales (entre un 20% y un 75%), el incremento de las ayudas si el proyecto de infraestructura de carga se lleva a cabo en zonas vulnerables (entre un 5% y un 15%), el incremento de ayudas en un 10% si el proyecto se desarrolla con un modelo de negocio de comunidad energética, el porcentaje del costo que queda por recibir la ayuda (un 55% como máximo para infraestructura de carga rápida), así como el análisis de los riesgos potenciales identificados para los modelos de negocio con esquema concesional (que principalmente se han definido en vías nacionales prioritarias, resto de vías primarias y vías secundarias, identificadas en ZBDP, **se propone una ayuda adicional al resto del CAPEX del proyecto.**
- Este apoyo adicional **se obtiene de la revisión de las experiencias internacionales, con un mínimo de ayuda del 20% sobre el CAPEX del proyecto y se estructura de manera progresiva, aumentando un 5% en cada nivel de ayuda ascendente** (desde apoyo público reducido a moderado). En particular para los modelos de negocio con esquema concesional ubicaciones en vías secundarias identificadas en ZBDP, dados los elevados riesgos potenciales de demanda, el riesgo elevado a tarifa de carga máximas insuficientes y el elevado riesgo de falta de financiación especializada, se considera un incremento de prácticamente el 50% sobre el apoyo público alto que se proporciona a los modelos de negocio privados, con objeto de financiar en dichas zonas aproximadamente el 80% del CAPEX del proyecto (considerando de las experiencias internacionales un máximo del 75% de apoyo público al CAPEX de los proyectos y adicionando un incremento del 5% por considerarse un modelo de negocio en zonas de ZBDP).

Tabla 38: Intensidad de apoyo público adicional al resto del CAPEX para los modelos de negocio concesional que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	% del CAPEX del proyecto que queda	Intensidad de la ayuda adicional [B]	Ayuda adicional al resto del CAPEX [A]*[B]	Ayuda adicional al resto del CAPEX
-------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--	------------------------------------

	por recibir apoyo público [A]			con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo concesional. Vías prioritarias y hubs de movilidad. Apoyo público bajo	55%	10%	5%	15%
Modelo concesional. Vías primarias. Apoyo público reducido.		15%	10%	20%
Modelo concesional. Vías secundarias. Apoyo público moderado		60%	35%	45%

- o Considerando la ayuda mínima del 45% sobre el costo total del proyecto que se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en Colombia. Así como la ayuda adicional al resto del CAPEX calculada en el apartado anterior, **se propone las siguientes ayudas máximas a considerar para cada modelo de negocio:**

Tabla 39: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio concesional que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobre coste obra civil	Intensidad total de la ayuda	Intensidad total de la ayuda con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo concesional. Vías prioritarias. Apoyo público bajo	5%	45%	50%	60%
Modelo concesional. Vías primarias. Apoyo público reducido.	10%	45%	55%	65%
Modelo concesional. Vías secundarias. Apoyo público moderado	35%	45%	80%	90%

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO ESP:

- Para los **modelos de negocio ESP**, dada la propuesta definida en el apartado de proporcionar apoyo público bajo un mecanismo de rentabilidad garantizada, se considera que bajo este modelo de negocio, la intensidad de la ayuda cubrirá el 100% del CAPEX total del proyecto:

Tabla 40: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio ESP que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobrecoste obra civil	Intensidad total de la ayuda
Modelo ESP. Apoyo público alto	55%	45%	100%

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO PÚBLICOS:

- Para los **modelos de negocio públicos**, y dado el rango de ayudas al CAPEX de las experiencias internacionales (entre un 20% y un 75%), el incremento de las ayudas si el proyecto de infraestructura de carga se lleva a cabo en zonas vulnerables (entre un 5% y un 15%), el incremento de ayudas en un 10% si el proyecto se desarrolla con un modelo de negocio de comunidad energética, el porcentaje del costo que queda por recibir la ayuda (un 55% como máximo para infraestructura de carga rápido), así como el análisis de los riesgos potenciales identificados para los modelos de negocio públicos (que principalmente se han definido en Departamentos no prioritarios, Ciudades Intermedias y ZBDP, se propone una ayuda adicional al resto del CAPEX del proyecto.
- Con objeto de no proporcionar un apoyo público del 100% al CAPEX de los proyectos definidos bajos modelos de negocio públicos, pero también de incentivar su despliegue y de dar señales a las entidades públicas para que desarrollen infraestructura de carga pública, se propone una ayuda adicional del 80%, resultando así finalmente en un 45% de apoyo público adicional.

Tabla 41: Intensidad de apoyo público adicional al resto del CAPEX para los modelos de negocio públicos que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	% del CAPEX del proyecto que queda por recibir apoyo público [A]	Intensidad de la ayuda adicional [B]	Ayuda adicional al resto del CAPEX [A]*[B]	Ayuda adicional al resto del CAPEX con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo público. Apoyo público alto	55%	70%	40%	50%

- Considerando la ayuda mínima del 45% sobre el costo total del proyecto que se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en Colombia. Así como la ayuda adicional al resto del CAPEX calculada en el apartado anterior, **se propone las siguientes ayudas máximas a considerar para cada modelo de negocio:**

Tabla 42: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio públicos que incentiven infraestructura de carga rápida

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobrecoste obra civil	Intensidad total de la ayuda	Intensidad total de la ayuda con un modelo de negocio
-------------------	------------------------------------	--	------------------------------	---

				de comunidad energética
Modelo público. Apoyo público alto	40%	45%	85%	95%

3.2 En el caso de proyectos de infraestructura de carga lenta pública:

- No se considera la ayuda mínima del 45% sobre el costo total del proyecto que se atribuye al mayor costo de la obra civil y eléctrica en Colombia.
- En este sentido, en el Anexo 4. de este documento llamado “Identificación de incentivos públicos internacionales” se ha identificado que el rango de ayudas al CAPEX de proyectos de infraestructura de carga está entre el 20% y el 75% del costo total de los proyectos de infraestructura de carga, incluyendo ambas tipologías de carga rápida y lenta. Dado las intensidades de ayuda propuesta para los modelos de negocio que incentiven la infraestructura de carga rápida y entendiendo, que los riesgos disminuyen para los proyectos de infraestructura de carga lenta, las intensidades de ayuda que a continuación se proponen son inferiores en un 40%.
- Se considera también el incremento de ayudas en un 10% si el proyecto se desarrolla con un modelo de negocio de comunidad energética.
- Considerando el análisis realizado de indicadores así como de los riesgos identificados asociados a cada zona estratégica de Colombia y, considerando los modelos de negocio propuestos para cada una de ellas, en el apartado “3.2.4 Potenciales Modelos de Negocio por zona en Colombia” de este documento se ha identificado para cada modelo de negocio la intensidad de apoyo público que podría definirse con objeto de impulsar el despliegue de la infraestructura de carga pública en dichas zonas.

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO PRIVADOS:

- En este sentido, para los modelos de negocio privados, se propone una ayuda del proyecto de:

Tabla 43: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio privados que incentiven infraestructura de carga lenta

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobrecoste obra civil	Intensidad total de la ayuda	Intensidad total de la ayuda con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo privado. Apoyo público reducido	10%	N/A	10%	20%
Modelo privado. Apoyo público bajo	15%	N/A	15%	25%
Modelo privado. Apoyo público moderado	20%	N/A	20%	30%
Modelo privado. Apoyo público alto	25%	N/A	25%	35%

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO ESP:

- Para los **modelos de negocio ESP**, dada la propuesta definida en el apartado de proporcionar apoyo público bajo un mecanismo de rentabilidad garantizada, se considera que bajo este modelo de negocio, la intensidad de la ayuda cubrirá el 100% del CAPEX total del proyecto:

Tabla 44: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio ESP que incentiven infraestructura de carga lenta

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobrecoste obra civil	Intensidad total de la ayuda
Modelo ESP. Apoyo público alto	100%	N/A	100%

ESTIMACIÓN DE LA INTENSIDAD DE APOYO PÚBLICO A LOS MODELOS DE NEGOCIO PÚBLICOS:

- Para los **modelos de negocio públicos** se propone una ayuda al proyecto de:

Tabla 45: Intensidad de apoyo público total para los modelos de negocio públicos que incentiven infraestructura de carga lenta

Modelo de negocio	Ayuda adicional al resto del CAPEX	Intensidad de la ayuda para el sobrecoste obra civil	Intensidad total de la ayuda	Intensidad total de la ayuda con un modelo de negocio de comunidad energética
Modelo público. Apoyo público alto	70%	N/A	70%	80%

Es importante señalar que los porcentajes de apoyo público definidos para cada modelo de negocio se consideran como máximos a efectos del análisis realizado. En cada programa y convocatoria que se realice, se podrá proporcionar diferentes intensidades de apoyo público en función del mecanismo competitivo que se quiera definir por la entidad responsable del programa. Esta flexibilidad permite adaptarse a las distintas realidades y desafíos presentes en cada zona estratégica del país, asegurando una respuesta dinámica y personalizada a las necesidades específicas de cada proyecto.

Anexo 4. Identificación de incentivos públicos internacionales

A medida que el mercado de vehículos eléctricos evoluciona, varios gobiernos a nivel local y nacional han implementado programas para fomentar el despliegue de estaciones de carga, reconociendo la importancia de esta infraestructura para el crecimiento sostenible del mercado. Partiendo del presupuesto público disponible, típicamente la intensidad de la financiación varía considerando distintos factores en línea con los objetivos del gobierno. En el presente anexo se describen algunas iniciativas gubernamentales que han contribuido al desarrollo de la infraestructura de carga, poniendo especial énfasis en cómo estos programas abordan la potencia de los cargadores y su ubicación.

Estados Unidos¹⁴⁷

Como parte de su plan estatal para electrificar el sector transporte¹⁴⁸, el estado de California desplegó el Proyecto de Infraestructura de Vehículos Eléctricos de California (CALeVIP) para brindar financiamiento en la instalación de estaciones de carga de vehículos eléctricos de acceso público y conseguir una amplia disponibilidad, especialmente para los residentes de California que conducen largas distancias o no pueden cargar en casa o en el trabajo. Este proyecto es financiado por la Comisión de Energía de California (CEC, por sus siglas en inglés) e implementado por el Centro de Energía Sostenible (CSE, por sus siglas en inglés), una organización sin ánimos de lucro.

En 2017, la CEC otorgó una subvención al CSE para diseñar e implementar un programa estatal de descuentos para la carga de vehículos eléctricos, conocido como **CALeVIP 1.0**. Desde 2017 hasta 2022, se lanzaron 13 proyectos regionales en 36 condados de California para financiar cargadores de Nivel 2 y cargadores de corriente continua, así:

- **Cargadores de Nivel 2, en corriente alterna entre 6,2kW y 22kW**
El equipo debe ser nuevo, instalado por primera vez en la dirección del sitio correspondiente. Debe tener un conector de carga SAE J1772, contar con protocolo de comunicación OCPP y debe estar certificado por ENERGY STAR®.

Para estos cargadores se ofrece una rebaja base de hasta \$3,500 dólares o el 75% de los costos del proyecto, lo que sea menor. Luego, para una Comunidad Desfavorecida (DAC) o Comunidad de Bajos Ingresos (LIC), se otorgan \$500 adicionales. En el caso de consistir en un sitio de Vivienda Multifamiliar (MUD), se otorgan \$2,000 adicionales. Dentro de las restricciones de este proyecto, se requiere invertir un mínimo del 60% de los fondos en aplicaciones DAC/LIC en cada condado y no se pueden recibir rebajas para más de 20 conectores de Nivel 2 por sitio.

- **Cargadores rápidos de corriente continua (DCFC), mínimo 50 kW**
Para estos cargadores, se ofrecen rebajas de hasta \$70.000 dólares o 75% del costo total del proyecto, por instalación de cargadores DCFC donde actualmente no hay¹⁴⁹. Puede ser: (i) para nuevos sitios

¹⁴⁷ (California Energy Commission, 2023), (California Electric Vehicle Infrastructure Project (CALeVIP) , 2023), (California Electric Vehicle Infrastructure Project (CALeVIP) , 2023)

¹⁴⁸ En California, todos los automóviles nuevos y camiones livianos vendidos deben ser de cero emisiones para el año 2035.

¹⁴⁹ También, se ofrecen rebajas de hasta \$40.000 dólares por reemplazar cargadores DCFC en sitios listos para su instalación (make-ready). Por ejemplo, reemplazar uno lento por uno rápido.

(incluye obra civil, eléctrica y/o punto de carga) y (ii) sitios de instalación con conexiones preexistentes (*stub-outs*).

Para sitios DAC, las rebajas elegibles son de hasta \$80.000 por cargador DCFC, independientemente del tipo de sitio de instalación, lo que significa un 5% adicional para este tipo de zonas.

Por otro lado, en 2021, la CEC otorgó al CSE una segunda subvención para continuar el trabajo de carga de vehículos eléctricos (**CALeVIP 2.0**), con un énfasis en: (i) Instalar solo cargadores rápidos de corriente continua (DC) de alta velocidad, para garantizar la mejor experiencia para los conductores, (ii) Destinar el 50% del financiamiento total del proyecto 2.0 para instalaciones en comunidades de bajos ingresos y desfavorecidas, con el objetivo de enfocarse en la equidad y (iii) Dar prioridad máxima a los solicitantes que hayan realizado una planificación previa, con el fin de instalar los cargadores de manera rápida y eficiente.

Bajo este proyecto de incentivos para financiar la construcción de estaciones de carga rápida en comunidades rurales, tribales, desfavorecidas y de bajos ingresos previamente identificadas, se impulsó el **despliegue de infraestructura en áreas donde aún no se ha desplegado infraestructura por corresponder a zonas de bajo apetito comercial**. Este programa ofrece reembolsos del 50%, hasta \$100.000 dólares por conector, para la compra e instalación de, por lo menos, 4 y hasta 20 cargadores rápidos en Corriente Continua con capacidad mínima de 150kW cada uno.

Alemania¹⁵⁰

En el año 2017, para impulsar el despliegue de infraestructura, el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital de Alemania publicó una directriz de **financiación para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos** en el marco de los objetivos de la política energética y de protección del clima del Gobierno Federal. El objeto de la financiación es la construcción de una infraestructura de carga de acceso público con uno o más puntos de carga, incluida la conexión a la red necesaria del lugar de carga y la instalación de la estación de carga.

El volumen total de financiación es de unos 300 millones de euros. La financiación se concede mediante convocatorias de financiación y el contrato se adjudica mediante licitación, siendo el criterio central los menores costos de subvención por kW de potencia de carga. La subvención se concede a través de la **financiación de proyectos como una subvención no reembolsable como financiación parcial**.

El porcentaje de subvención para puntos de carga es hasta 60%, con los siguientes topes:

- Los puntos de carga de 22 kW o menos, se subvencionan hasta 3.000 euros por punto.
- Los puntos de carga entre 22 kW y 100 kW se subvencionan hasta 12.000 euros por punto.
- Los puntos de carga de 100 kW o más, se subvencionan hasta 30.000 euros por punto.

Además, la conexión a la red por ubicación también está subsidiada con una participación porcentual del 60% y los siguientes topes:

- Máximo 5.000 euros para conexiones a la red de baja tensión.
- Máximo 50.000 euros para conexiones a la red de media tensión.

¹⁵⁰ (Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital, 2017)

Reino Unido¹⁵¹

En el año 2022, el gobierno del Reino Unido lanzó un programa de subvención para puntos de carga de vehículos eléctricos dirigido a **personas o empresas que ya cuenten con propiedades comerciales**¹⁵². Bajo este programa, se otorga un descuento del 75% en el costo de compra e instalación de un enchufe de carga para vehículos eléctricos (socket) con un máximo de £350 por enchufe de carga, y se pueden recibir hasta 100 subvenciones al año. Para un mayor control sobre la calidad de los puntos de carga, el gobierno del Reino Unido estableció un listado que indica los modelos de cargadores autorizados para aplicar a este programa, con potencias que van desde los 3,5 kW hasta los 64 kW.

Otro programa lanzado por el Reino Unido en ese mismo año corresponde a una subvención para brindar apoyo a los costos de compra, instalación e infraestructura de puntos de carga para vehículos eléctricos en **lugares de trabajo** elegibles. Este programa está dirigido a empresas, organizaciones benéficas, entidades del sector público y pequeñas empresas de alojamiento que sean propietarios de sitios o cuenten con el consentimiento del propietario para instalar los puntos de carga. Cubre hasta el 75% de los costos totales, incluido el IVA, con un límite de £350 por enchufe y un máximo de 40 enchufes en total en todos los sitios por solicitante; por ejemplo, si desea instalarlos en 40 sitios, tendrá 1 enchufe disponible por sitio.

España¹⁵³

En España, el programa **MOVES III** se originó mediante la aprobación del Real Decreto 266/2021, el 13 de abril, por el Consejo de Ministros con el objetivo principal incentivar la movilidad eléctrica, especialmente la adquisición de vehículos eléctricos y la implementación de infraestructura de recarga. Las actuaciones elegibles de este programa incluyen la adquisición de vehículos eléctricos enchufables y de pila de combustible (Actuación 1) y la **implementación de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos** (Actuación 2). Esta última abarca infraestructuras de acceso público o privado, cubriendo diversos usos como estacionamientos residenciales, públicos, áreas empresariales, vías públicas y carreteras, entre otros.

En el marco de la Actuación 2, el porcentaje de los costos subvencionados a empresas y entes públicos con actividad económica varía en función de la potencia del cargador y su ubicación, así:

- Para estaciones de **carga pública con potencias de 50 kW o más**, se concede un 20% de subvención de los costos a nivel general. Este porcentaje aumenta a 40% para medianas empresas (entre 51 y 250 empleados) y 50% (entre 10 y 50 empleados) para pequeñas empresas.
- En el caso de estaciones de **carga públicas o privadas con potencias de menos de 50 kW**, también se concede un 20% de subvención de los costos a nivel general o un 30% para pequeñas y medianas empresas. Este porcentaje aumenta a 40% en el caso de pequeñas y medianas empresas que ubiquen las estaciones de carga en municipios de menos de 5.000 habitantes.

En ningún caso, la ayuda concedida a una empresa excederá del 40 % del presupuesto total del régimen de que se trate.

¹⁵¹ (Government of the United Kingdom, 2022) (Government of the United Kingdom, 2022)

¹⁵² Persona o empresa que posee o gestiona propiedades que están arrendadas o alquiladas a un negocio que paga impuestos comerciales. Esto puede ser: una persona con propiedad comercial para alquilar, una empresa que posee la propiedad libre de alquiler o una empresa que posee las áreas comunes de una propiedad comercial, con accionistas que son los arrendatarios.

¹⁵³ (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2023)

Canadá¹⁵⁴

El Programa de Infraestructura para Vehículos de Emisión Cero (ZEVIP, por sus siglas en inglés) en Canadá, con un presupuesto de \$680 millones de dólares canadienses, busca, entre otras, abordar la falta de estaciones de carga en el país. A través de tres flujos de financiamiento, se busca aumentar la disponibilidad de estas infraestructuras en especial donde los canadienses viven y trabajan. Desde 2016, Canadá ha invertido más de CAD\$1.000 millones para hacer que los vehículos eléctricos sean más asequibles y los cargadores más accesibles. El ZEVIP se compromete a implementar 33.500 cargadores de vehículos eléctricos y 10 estaciones de hidrógeno en lugares públicos, calles, edificios residenciales y lugares de trabajo. Con una recapitalización adicional en 2022 y un compromiso hasta 2027, se espera desplegar 84.500 cargadores y 45 estaciones de hidrógeno para 2029.

Las oportunidades de financiamiento más recientes en el marco de este proyecto incluyen las siguientes:

- **Para propietarios y operadores de infraestructuras de vehículos cero emisión:** proporcionar financiamiento para proyectos centrados en la implementación de cargadores para vehículos eléctricos en lugares públicos, en la vía pública, en edificios residenciales de múltiples unidades, en lugares de trabajo y para flotas de vehículos. Los proyectos son seleccionados a través de un proceso competitivo. La contribución se limita al 50% de los costos totales del proyecto, con un máximo de 10 millones de dólares canadienses por proyecto.
- **Para organizaciones indígenas:** proporcionar financiamiento a organizaciones y comunidades indígenas para proyectos centrados en la implementación de cargadores para vehículos eléctricos en lugares públicos, en la vía pública, en edificios residenciales de múltiples unidades, en lugares de trabajo y para flotas de vehículos. La contribución se limita al 75% de los costos totales del proyecto, con un máximo de 2 millones de dólares canadienses por proyecto para organizaciones indígenas.

Los proyectos deben incluir alguna de las siguientes: (i) mínimo un cargador rápido de 100 kW o más; o (ii) mínimo dos cargadores rápidos de 50 kW o más; o (iii) mínimo 20 cargadores de cualquier potencia. Para cargadores de nivel 2, cada conector puede contar como un cargador, si es capaz de cargar un vehículo al mismo tiempo.

- **Para organizaciones intermediarias o receptores iniciales:** estas organizaciones autorizadas redistribuyen los fondos de ZEVIP a “receptores finales” para instalar infraestructura de carga para vehículos eléctricos en lugares públicos, en la vía pública, en edificios residenciales de múltiples unidades, en lugares de trabajo o para flotas de vehículos en la carretera. Esta categoría aplica para proyectos pequeños de menos de CAD\$100.000 y la contribución se limita al 50% de los costos totales del proyecto. Para cada organización intermediaria, aplica un máximo de CAD\$5 millones de dólares canadienses.

Austria¹⁵⁵

En Austria se ha desarrollado una campaña de financiación del Fondo de Clima y Energía del Gobierno Federal como parte de la iniciativa de movilidad eléctrica para la promoción de la electromovilidad con energía renovable en cooperación con importadores de automóviles y vehículos de dos ruedas. Mediante el programa

¹⁵⁴(Government of Canada, 2024) (EVFleet, 2024)

¹⁵⁵ (Der Klima und Energiefonds, 2024)

de financiación "Movilidad eléctrica para empresas, autoridades locales y asociaciones", actualmente se costean cargador, costos de instalación, costos de planificación (máx. 10% de los costos de inversión). La subvención otorgada para infraestructura pública varía en función de la potencia de carga suministrada y asciende a un máximo del 30% de los costos de inversión, así:

- Puntos de carga en AC entre 11 kW y 22 kW, se financian hasta 1.000 euros.
- Puntos de carga en DC de menos de 100 kW, hasta 9.000 euros.
- Puntos de carga en DC entre 100 kW y 300 kW, hasta 18.000 euros.
- Puntos de carga en DC de 300 kW o menos, hasta 30.000 euros.

Finlandia¹⁵⁶

El Ministerio de Asuntos Económicos y Empleo ha respaldado el desarrollo de infraestructuras de carga pública para vehículos eléctricos como parte del proyecto clave del Gobierno de Sipilä, la Bioeconomía y soluciones limpias. En el periodo de 2017 a 2019, se respaldaron inversiones en puntos de carga con un total de 4.8 millones de euros. El respaldo se limitó exclusivamente a puntos de carga públicos, y solo las empresas que solicitaron subvenciones energéticas recibieron apoyo. La mitad del presupuesto de apoyo se priorizó para sistemas de carga rápida, especialmente en la red principal de carreteras. Para los sistemas de carga rápida, la tasa de apoyo fue del 35%. El porcentaje de apoyo para puntos de carga normales fue del 30%. Solo se respaldaron los denominados sistemas de carga inteligente.

Francia¹⁵⁷

Creado en 2016, el programa Advenir, liderado por Avere-France, respalda la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos. Gracias a los mecanismos de certificados de energía, complementa las iniciativas públicas para apoyar la movilidad eléctrica. Con un presupuesto de 320 millones de euros, el objetivo de Advenir es financiar 175.000 puntos de carga para 2025 destinados a particulares en edificios multifamiliares, administradores de condominios, empresas, autoridades locales y entidades públicas.

Para empresas y entidades públicas

- Para uso de flotas y empleados de empresas de alquiler de corto plazo de vehículos, pueden otorgarse hasta 600 euros por punto de carga o 20%. Aplica para cargadores entre 3,7 kW y 22 kW en AC, y de más de 22 kW en DC.

Para vías

- En las autopistas aplica hasta un 30% de financiación. Pueden otorgarse entre 1.000 y 1.300 euros para cargadores en AC con potencias entre 3,7 kW y 43 kW. Por su parte, para cargadores en DC con potencias entre 20 kW y 40 kW, se otorgan hasta 2.700 euros por punto de carga. Para potencias de más de 40 kW, hasta 4.500 euros y para potencias de más de 140 kW, hasta 9.000 euros, hasta 30%.

Profesionales del Servicio Automotriz

¹⁵⁶ (Eduskunta riksdagen, 2021)

¹⁵⁷ (ADVENIR, 2024)

- Existe un financiamiento específico para puntos de carga de uso por parte de flotas y empleados del sector automotriz. Este se financia hasta un 25% o 750 euros por punto de carga. Aplica para cargadores entre 3,7 kW y 22 kW en AC, y de más de 22 kW en DC.
- Estacionamiento privado abierto al público: el programa también ofrece una subvención para la instalación de estaciones de carga abiertas al público en estacionamientos privados de empresas de servicios automotrices. Los puntos de carga deben ser accesibles al público en general sin discriminación. En términos generales, la subvención es de hasta el 50% de los costos del proyecto, con los siguientes toques por cargador en función de su potencia:
 - Cargadores en AC entre 3,7 kW y 11 kW, hasta 1.700 euros.
 - Cargadores en AC entre 12 kW y 43 kW, hasta 2.200 euros.
 - Cargadores en DC entre 20 kW y 40 kW, hasta 4.500 euros.
 - Cargadores en DC de más de 40 kW, hasta 7.500 euros.

A continuación, se presenta una tabla resumen de los incentivos descritos anteriormente¹⁵⁸:

Tabla 46. Resumen de incentivos para el despliegue de infraestructura de carga a nivel internacional

País	Incentivos a carga rápida	Zonas vulnerables	Incentivos a carga lenta	Zonas vulnerables
Estados Unidos (California) Iniciativa CALeVIP 1.0	Máx. 75% o USD70.000 ≥ 50 kW	5% adicional (máx. 80% del costo del proyecto)	Máx. 75% o USD3.500 ≥ 6,2 kW (máx. 20 cargadores)	- Comunidad Desfavorecida o de Bajos Ingresos: USD\$500 adicionales - Sitio de Vivienda Multifamiliar: USD\$2.000 adicionales.
Estados Unidos (California) Iniciativa CALeVIP 2.0	50% o USD100.000 ≥ 150 kW mín. 4 cargadores	Programa exclusivo para un listado de 30 zonas de bajo apetito comercial	----	----
Alemania	Cargadores en DC: máx. 60% €12.000 < 100kW - €30.000 ≥ 100 kW Obra eléctrica: máx. 60% €5.000 baja tensión - €50.000 media tensión	----	Cargadores en AC: máx. 60% €3.000 ≤ 22kW Obra eléctrica: máx. 60% €5.000 baja tensión - €50.000 media tensión	----

¹⁵⁸ Es importante tener en cuenta que las fechas en las que se otorgaron estos incentivos, varían. Puede suceder que algunos programas se encuentren descontinuados o hayan sido modificados en función de las necesidades, prioridades y lecciones aprendidas de los gobiernos.

País	Incentivos a carga rápida	Zonas vulnerables	Incentivos a carga lenta	Zonas vulnerables
Reino Unido	75% o máx. £350 por enchufe DC ≤ 64 kW	----	75% o máx. £350 por enchufe AC ≥ 3,5 kW	----
España	20% - 50% en función del tamaño de empresa (máx. €800.000 o 40% del presupuesto total) ≥ 50 kW	----	20% - 30% en función del tamaño de empresa (máx. €800.000 o 40% del presupuesto total) < 50 kW	20% - 40% en función del tamaño de empresa (máx. €800.000 o 40% del presupuesto total) < 50 kW
Canadá	50% (máx. CAD\$50.000 por cargador) ≥ 50 kW y ≤ 99 kW	75% de los costos del proyecto ≥ 100 kW mín. 1 cargador ≥ 50 kW mín. 2 cargadores	50% (máx. CAD\$5.000 por conector) ≥ 3,3 kW y ≤ 19,2 kW	75% de los costos del proyecto ≥ 3,3 kW mín. 20 conectores
Austria	30% (máx. EUR30.000 por cargador) En DC ~ 100 kW	----	30% (máx. EUR1.000 por cargador) En AC ≥ 11 kW y ≤ 22 kW	----
Finlandia	35%	----	30%	----

País	Incentivos a carga rápida Zonas vulnerables	Incentivos a carga lenta Zonas vulnerables
Francia	En función de la potencia y ubicación del cargador (<i>varía entre 600 y 9.000 euros</i>): 20% para carga en general, 30% para vías (<i>es decir, 10% adicional</i>), 50% otros En DC ≥ 22 kW	En función de la potencia y ubicación del cargador (<i>varía entre 600 y 2.200 euros</i>): 20% para carga en general, 30% para vías (<i>es decir, 10% adicional</i>), 50% otros En AC $\geq 3,7$ kW y ≤ 43 kW

Fuente: análisis Deloitte, varios

Teniendo en cuenta el análisis de experiencias internacionales, es notable que la intensidad de la financiación varía entre países dependiendo de los objetivos del gobierno. Para establecer una intensidad de ayudas públicas, se propone utilizar un rango flexible que permita adaptarse a distintos modelos de negocio, considerando la diversidad de actores y necesidades en el mercado de carga de vehículos eléctricos. **Para el caso de Colombia se propone establecer un rango base inicial de, por lo menos 20% y hasta 75% de financiamiento público.** Este rango es consistente con las mejores prácticas adoptadas por países que buscan acelerar la adopción de movilidad eléctrica, al tiempo que se alinea con las ambiciones del país en términos de electrificación del transporte y el deseo de incentivar una adopción más rápida de vehículos eléctricos y estaciones de carga. Del mismo modo, se ha identificado que para aquellas zonas vulnerables¹⁵⁹, **la intensidad de la ayuda se incrementa entre un 5% y un 10% respecto a la ayuda proporcionada estándar sobre infraestructuras de carga rápidas y lenta.**

Incentivos públicos para fomentar comunidades energéticas que implementen infraestructura de carga pública

Si bien se dispone de información pública sobre casos exitosos de comunidades energéticas a nivel internacional, en las cuales se destaca que las soluciones renovables y de eficiencia energética son las más incentivadas por esta tipología de proyectos, la disponibilidad de información es escasa sobre aquellas que promueven soluciones de movilidad eléctrica y en concreto de infraestructura de carga de acceso público, así como la información sobre el apoyo público que han recibido para viabilizar el proyecto. Es por ello por lo que, a continuación se presentan algunos ejemplos generales de apoyo público que suelen recibir generalmente los proyectos de comunidades energéticas:

En el caso europeo, la Directiva de Energías Renovables requiere que los Estados miembros desarrollen un marco habilitador para las comunidades de energías renovables, incluida la facilitación del acceso a financiamiento. En este sentido, los mecanismos de apoyo público que se han desarrollado hasta ahora van desde garantías, fondos revolving¹⁶⁰, préstamos de bajo interés que pueden ser proporcionados para

¹⁵⁹ Entendiendo como zona vulnerable aquella con elevados riesgos de: Tarifa máxima potencial insuficiente; Dificultad para disponer de ubicaciones apropiadas y estratégicas; Demanda insuficiente; Variación en el costo de las tarifas asociadas al suministro eléctrico; Sobre costos asociados al acceso a redes eléctricas preparadas y; Falta de financiación especializada.

¹⁶⁰ Entendiendo como un *revolving fund* a aquellos con la particularidad de que se crea un modelo que no solo reúne dinero y define un propósito, sino que además establece un sistema que ayuda a reponer el fondo y, así, avanzar en el propósito por el cual se ha creado este fondo.



inversiones comunitarias hasta tratamiento fiscal especial para individuos que invierten en empresas sociales y comunitarias.

Lituania¹⁶¹:

El Plan Nacional de Recuperación y Resiliencia de Lituania consta de 30 medidas, que abarcan inversiones y reformas. Serán respaldadas por 2.220 millones de euros en subvenciones; el 37,8% del plan apoyará los objetivos climáticos y el 31,5% fomentará la transición digital. El plan incluye explícitamente la financiación de comunidades energéticas como parte de su estrategia para mejorar la penetración de energías renovables en el pilar 2 del Plan. En este sentido, la Agencia de Energía de Lituania ha publicado convocatorias abiertas de financiación para proyectos comunitarios de energía solar y eólica, en las cuales, **se financia hasta el 35% de los costos de instalación del proyecto.**

Alemania¹⁶²:

El estado federado de Schleswig-Holstein, en Alemania, cuenta con un fondo especial de umbral bajo para "proyectos energéticos ciudadanos" en áreas de calor renovable, movilidad sostenible, electricidad renovable, eficiencia energética en edificios y digitalización del sector energético. **El fondo proporciona financiamiento inicial de hasta el 100% de los costos reales con un máximo de 200,000€ por proyecto.** En caso de que el proyecto sea exitoso (rentable), el monto completo debe ser reembolsado sin intereses. Hasta la fecha, el fondo ha recibido 50 solicitudes, 30 han sido financiadas y 8 proyectos ya han devuelto su inversión inicial. La mayoría de los proyectos financiados se ocupan de instalaciones eólicas y fotovoltaicas.

España¹⁶³:

El Plan de Recuperación y Resiliencia de España consiste en 112 inversiones y 102 reformas. Serán respaldados con 69.5 mil millones de euros en subvenciones. El 40% del plan apoyará los objetivos climáticos y el 28% fomentará la transición digital. El plan apunta explícitamente a las comunidades energéticas mediante financiamiento del gobierno central, el cual canaliza fondos a todas las autoridades regionales (comunidades autónomas) para otorgar subsidios destinados al establecimiento de comunidades energéticas en todas las regiones. En concreto, el Programa de incentivos a proyectos de comunidades energéticas (CE IMPLEMENTA) financia el impulso de proyectos piloto singulares de comunidades energéticas para incentivar el autoconsumo y la participación ciudadana en un modelo energético descentralizado y distribuido. Hasta la fecha, este programa ha concedido 71,79 millones de euros a 129 proyectos en cuatro convocatorias. En la primera convocatoria del programa, la intensidad de ayuda máxima que se podría solicitar era la siguiente, en función del área de actuación que contemple el proyecto: el 60% de los costes subvencionables si el área de actuación eran las energías renovables eléctrica o térmicas, el 30% si era sobre eficiencia energética y **el 40% si era de movilidad sostenible, considerando que se podía financiar hasta 100 % para infraestructuras de recarga o repostaje de acceso público para vehículos de carretera de emisión cero o de bajas emisiones.**

Debido a la disparidad en el apoyo público para incentivar las comunidades energéticas, especialmente en infraestructura de carga pública, **se propone que en el caso de Colombia se aumente en un 10% el apoyo público para esta tipología de proyectos de infraestructura de carga,** respecto a la ayuda proporcionada estándar sobre infraestructuras de carga rápidas y lenta. **El objetivo es alinear las políticas nacionales que**

¹⁶¹ (Economy, 2024)

¹⁶² (Förderbank, 2024)

¹⁶³ (Resiliencia, 2024)



actualmente buscan incentivar el desarrollo de las comunidades energéticas con las metas ambiciosas del país en torno a la movilidad eléctrica y la infraestructura de carga pública. En este sentido, el incremento del 10% del apoyo público podría incentivar a los promotores de los proyectos a estructurar el modelo de negocio de comunidad energética.

Bibliografía

Aduana, P., S. Al-Sumaiti, A. & H. Al-Hosani, K., 2023. Electric Vehicle Charging Infrastructure and Energy Resources: A Review. *Energies*, 16(1965).

Aeronáutica civil. Unidad Administrativa Especial, 2024. *ODA - Observatorio de Datos Aeronáuticos*. [En línea] Available at: <https://www.aerocivil.gov.co/analitica/> [Último acceso: 15 enero 2024].

Agencia de Sostenibilidad Energética, 2024. *Mi Taxi Eléctrico*. [En línea] Available at: <https://www.mitaxielectrico.cl/resultados/> [Último acceso: 2024].

Agencia Internacional de Energía (IEA), 2023. *Gloval EV Outlook 2023*. [En línea] Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf> [Último acceso: 8 Enero 2024].

Alex, D., Yang, D. & Viktorović, M., 2020. Influence of driving style, infrastructure, weather and traffic on electric vehicle performance. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volumen 102569.

Alfonso Ávila, J. V., 2023. *Emisiones de contaminantes atmosféricos por el transporte terrestre por carretera en Colombia*. [En línea] Available at: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83873> [Último acceso: 27 Noviembre 2023].

Alke Electric Vehicles, 2023. *Autonomy and consumption of electric vehicles*. [En línea] Available at: <https://www.alke.com/autonomy-electric-vehicles> [Último acceso: 15 enero 2024].

ANDEMOS, 2024. *Informes interactivos*. [En línea] Available at: <https://www.andemos.org/informesinteractivos> [Último acceso: 15 enero 2024].

Anon., 2019. *Central Intelligence Agency*. [En línea] Available at: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/bahamas-the/>

Anon., 2020. *Assesment of the Effects and Impacts of Hurricane Dorian, IDB*. [En línea] Available at: <https://publications.iadb.org/publications/english/viewer/Assessment-of-the-Effects-and-Impacts-of-Hurricane-Dorian-in-the-Bahamas.pdf>

Anon., s.f. *Bahamas Power and Light webiste*. [En línea] Available at: <https://www.bplco.com/services/generator-ups-systems/>

Armenta-Deu, C. & Cattin, E., 2021. Real Driving Range in Electric Vehicles: Influence on Fuel Consumption and Carbon Emissions. *World Electric Vehicle Journal*, 12(4), p. 166.

ASOCDA, 2020. *Boletín Estadístico Consolidado 2020*, Bogotá: Asociación Nacional de Centros de Diagnóstico Automotor.

Asociación Automotriz del Perú (AAP), 2023. *Venta de vehículos eléctricos electrificados en el 2023*. [En línea] Available at: <https://aap.org.pe/venta-de-vehiculos-electrificados-alcanza-cifra-historica-en-el-2023-sunarp/> [Último acceso: 2024].

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2024. *Anuario 2023*, s.l.: s.n.

Asociación Nacional de Movilidad Sostenible, 2023. *Andemos*. [En línea]
Available at: https://lookerstudio.google.com/reporting/ceb8deeb-3b00-4e08-8536-5a0f2ebb5cf2/page/p_llee72y2c
[Último acceso: 11 Octubre 2023].

Balzhäuser, S., 2020. *EV and EV Charger Incentives in Europe: A Complete Guide for Businesses and Individuals*. [En línea]
Available at: https://wallbox.com/en_us/guide-to-ev-incentives-europe#Spain
[Último acceso: 15 Octubre 2023].

Banca de Desarrollo Territorial, s.f. *Findeter - Banca de Desarrollo Territorial*. [En línea]
Available at: <https://www.findeter.gov.co/lineas-de-credito-de-redescuento/programa-reactiva-verde-y-sostenible>
[Último acceso: 28 Noviembre 2023].

Battery University, 2019. *BU-1004: Charging an Electric Vehicle*. [En línea]
Available at: <https://batteryuniversity.com/article/bu-1004-charging-an-electric-vehicle>
[Último acceso: 15 Septiembre 2023].

BloombergNEF, 2023. *Electric Vehicle Outlook 2023*, New York: Bloomberg Finance L.P.

Borlaug, B., Salisbury, S., Gerdes, M. & Muratori, M., 2020. Levelized Cost of Charging Electric Vehicles in the United States. *Joule*, 4(17), pp. 1470-1485.

Brinkel, N. y otros, 2023. *Dynamic Grid Tariffs for Electric Vehicle Charging: Results from a Real-World Experiment*. Belgrado, IEEE Belgrade PowerTech.

California Electric Vehicle Infrastructure Project (CALeVIP) , 2023. *SOUTHERN CALIFORNIA INCENTIVE PROJECT - Eligible Equipment List*. [En línea]
Available at: <https://calevip.org/sites/default/files/docs/calevip-scip/SCIP-Eligible-Equipment.pdf>
[Último acceso: 2024].

California Electric Vehicle Infrastructure Project (CALeVIP) , 2023. *SOUTHERN CALIFORNIA L2 INCENTIVE PROJECT - Eligible Equipment List*. [En línea]
Available at: https://calevip.org/sites/default/files/docs/southern-california-level-2/SCIPL2_Eligible_Equipment.pdf
[Último acceso: 2024].

California Energy Commission, 2023. *California Energy Commission*. [En línea]
Available at: <https://www.energy.ca.gov/es/news/2023-02/30-million-incentives-now-available-shovel-ready-ev-charging-projects-across>
[Último acceso: Febrero 2024].

CCREEE, 2022. *2020 Energy Report Card The Bahamas*. [En línea]
Available at: <https://www.ccreee.org/wp-content/uploads/2021/12/CCREEE-ERC-BAHAMAS-Jan-24.pdf>

CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022. *Posibles efectos de la electromovilidad en la red eléctrica y su impacto en la adopción de energías renovables*. [En línea]
Available at: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6d1026b6-e6ea-421f-b28c-af18cb6611d4/content>
[Último acceso: 17 Enero 2024].

Chen, X., Lei, Z. & Ukkusuri, S. V., 2022. Prediction of Road-level Energy Consumption of Battery Electric Vehicles. *International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 2550-2555.

Czajka, G., 2023. Die E-Autos mit der größten Reichweite. *Auto Bild*, 13 diciembre.

DANE, 2023. *Generalidades: Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios*. [En línea] Available at: <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/estratificacion-socioeconomica#generalidades> [Último acceso: 31 Septiembre 2023].

Deloitte, 2019. *Hurry up and... wait. The opportunities around electric vehicle charge points in the UK*, s.l.: Deloitte.

Deloitte, 2020. *EV charging infrastructure update (part 1): More speed, more positions, more power*. [En línea] Available at: <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/energy-and-resources/articles/electric-vehicle-charge-points.html> [Último acceso: 15 septiembre 2023].

Deloitte, 2023. *Mecanismos de financiación para el desarrollo de infraestructura de carga para vehículo eléctrico. Entrevistas a stakeholders* [Entrevista] (noviembre - diciembre 2023).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018. *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal*. [En línea] Available at: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal> [Último acceso: 15 enero 2024].

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018. *Proyecciones de población*. [En línea] Available at: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.dane.gov.co%2Ffiles%2Fcenso2018%2Fproyecciones-de-poblacion%2FMunicipal%2FDCCD-area-proypoblacion-Mun-2020-2035-ActPostCOVID-19.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> [Último acceso: 15 enero 2024].

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2021. *Marco Geoestadístico Nacional (MGN)*. [En línea] Available at: <https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/descarga-mgn-marco-geoestadistico-nacional/#gsc.tab=0> [Último acceso: 15 enero 2024].

Dorner Gallardo, O. & Rivas Zeballos, I., 2022. *Análisis de costos de infraestructura de carga para Vehículos Eléctricos en Chile*, Santiago de Chile: Agencia de Sostenibilidad Energética.

Economy, C., 2024. *Parama energijos bendrijoms*. [En línea] Available at: <https://www.circulareconomy.lt/parama-energijos-bendrijoms/> [Último acceso: 2024].

Electric Vehicle Database, 2023. *Current and Upcoming Electric Vehicles*. [En línea] Available at: <https://ev-database.org/#sort:path~type~order=.rank~number~desc|range-slider-range:prev~next=0~1200|range-slider-acceleration:prev~next=2~23|range-slider-topspeed:prev~next=110~350|range-slider-battery:prev~next=10~200|range-slider-towweight:prev~next=0~2> [Último acceso: 15 enero 2024].

Electromaps, 2023. *Electromaps*. [En línea] Available at: <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/colombia> [Último acceso: 11 Octubre 2023].

Electromaps, 2023. *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Ecuador*. [En línea] Available at: <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/ecuador> [Último acceso: 2024].

Electromaps, 2023. *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Perú*. [En línea] Available at: <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/peru> [Último acceso: 2024].

Electromaps, 2024. *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Colombia*. [En línea] Available at: <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/colombia> [Último acceso: 15 enero 2024].

Endolla, 2021. *What is the driving range of an electric vehicle and how many kilometres can travel before needing to be recharged?*. [En línea] Available at: <https://endolla.barcelona/en/news/endolla-service/what-driving-range-electric-vehicle-and-how-many-kilometres-can-travel-needing> [Último acceso: 15 enero 2024].

European Alternative Fuels Observatory, 2024. *Electric vehicle recharging prices*. [En línea] Available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/consumer-portal/electric-vehicle-recharging-prices> [Último acceso: 15 enero 2024].

European Commission, D.-G. f. R. a. U. P., November 2023. *Enabling energy communities - A toolkit for just transition regions*, s.l.: Publications Office of the European Union.

EVBox, 2023. *3 revenue models for commercial fast EV charging stations*. [En línea] Available at: <https://blog.evbox.com/3-dc-revenue-models> [Último acceso: 15 octubre 2023].

Föraderbank, I. I., 2024. *Bürgerenergiefonds*. [En línea] Available at: <https://www.ib-sh.de/produkt/buergerenergiefonds/> [Último acceso: 2024].

Gobierno de Chile. Ministerio de Energía. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2023. *Hoja de Ruta para el avance de la electromovilidad en Chile. Acciones concretas al 2026 para masificar el uso de esta tecnología*, s.l.: s.n.

Gobierno de España, 2023. *PERTE para el desarrollo del Vehículo Eléctrico y Conectado*. [En línea] Available at: [https://www.mincotur.gob.es/es-es/recuperacion-transformacion-resiliencia/perte/20210710%20perte%20automocion%20definitivo%20\(003\).pdf](https://www.mincotur.gob.es/es-es/recuperacion-transformacion-resiliencia/perte/20210710%20perte%20automocion%20definitivo%20(003).pdf) [Último acceso: 15 octubre 2023].

Government of the United Kingdom, 2022. *Find Government Grants Service - Electric vehicle chargepoint and infrastructure grants for landlords*. [En línea] Available at: <https://www.find-government-grants.service.gov.uk/grants/electric-vehicle-chargepoint-and-infrastructure-grants-for-landlords-1#eligibility> [Último acceso: Enero 2024].

Government of the United Kingdom, 2022. *Find Government Grants Service - Workplace Charging Scheme*. [En línea] Available at: <https://www.find-government-grants.service.gov.uk/grants/workplace-charging-scheme-2#eligibility> [Último acceso: Enero 2024].

Iclodean, C. y otros, 2017. *Comparison of Different Battery Types for Electric Vehicles*. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 252(012058).

IDAE, 2021. *PROGRAMA MOVES III*. [En línea] Available at: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii> [Último acceso: 19 septiembre 2023].

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), 2024. *Caracterización de las Zonas No Interconectadas (ZNI)*. [En línea] Available at: <https://ipse.gov.co/cnm/> [Último acceso: 15 enero 2024].

Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2024. *HERMES. Sistema de Información Vial*. [En línea] Available at: <https://hermes2.invias.gov.co/SIV/> [Último acceso: 15 enero 2024].

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2023. *Programa MOVES III*. [En línea] Available at: <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii> [Último acceso: Enero 2024].

IRENA Agencia Internacional de Energías Renovables, 2019. *Perspectivas de innovación: Carga inteligente para vehículos eléctricos*. [En línea] Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Innovation_Outlook_EV_smart_charging_2019_E_S.pdf?rev=d92189d0969246d79a9f030b8b15a0b4 [Último acceso: 17 Enero 2024].

Johnsen, D., Ostendorf, L., Bechberger, M. & Strommenger, D., 2023. Review on Smart Charging of Electric Vehicles via Market-Based Incentives, Grid-Friendly and Grid-Compatible Measures. *World Electric Vehicle Journal*, 14(25).

Juárez, C., 2022. *Colombia: estos son sus principales puertos marítimos*. [En línea] Available at: <https://thelogisticsworld.com/comercio-internacional/principales-puertos-maritimos-de-colombia/> [Último acceso: 2 abril 2024].

Karner, D., Garetson, T. & Francfort, J., 2016. *EV Charging Infrastructure Roadmap*, Idaho: Idaho National Laboratory.

LaMonaca, S. & Ryan, L., 2022. The state of play in electric vehicle charging services – A review of infrastructure provision, players, and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumen 154, p. 111733.

Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, C. & Hauge, E., 2017. *Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced EV market*. Stuttgart, EVS30 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium.

Metais, M. O. y otros, 2022. Too much or not enough? Planning electric vehicle charging infrastructure: A review of modeling options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153(111719).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020. *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)*. [En línea] Available at: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/informe-actualizacion-contribucion-determinada-Colombia-ndc-2020.pdf> [Último acceso: 19 Enero 2024].

Ministerio de Minas y Energía, 2023. *Condiciones de interoperabilidad para las estaciones de carga de acceso público de vehículos eléctricos e híbridos enchufables*. [En línea] Available at:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10533/Resoluci%C3%B3n+interoperabilidad+comentarios+VF.pdf>

[Último acceso: 15 septiembre 2023].

Ministerio de Minas y Energía, 2023. *Documentos de la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa - Escenarios Nacionales TEJ. Rutas que nos preparan para el futuro*. [En línea] Available at:

[https://www.minenergia.gov.co/documents/10442/3. Escenarios nacionales TEJ. Rutas que nos prepara n para el futuro.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/10442/3.+Escenarios+nacionales+TEJ.+Rutas+que+nos+prepara+n+para+el+futuro.pdf)

[Último acceso: 6 Enero 2024].

Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital, 2017. *Directriz de financiación para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos*. [En línea] Available at:

https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/konsolidierte-foerderrichtlinie-lis-29-06-2017.pdf?__blob=publicationFile

[Último acceso: 2024].

My Smart Life, s.f. [En línea] Available at:

https://www.mysmartlife.eu/fileadmin/user_upload/Info_packs/info_packs_pdf/Electromobility_charging_node.pdf

Nelder, C. & Rogers, E., 2019. *Reducing EV Charging infrastructure costs*, s.l.: Rocky Mountain Institute.

Nicholas, M., 2019. *Estimating electric vehicle charging infrastructure costs across major U.S. metropolitan areas*, s.l.: The International Council on Clean Transportation.

Pal Kaur, A. & Singh, M., 2023. Time-of-Use tariff rates estimation for optimal demand-side management using electric vehicles. *Energy*, Volumen 273, p. 127243.

Prensa Europea, s.f. [En línea] Available at:

<https://www.europapress.es/economia/noticia-iberdrola-cabify-firma-alianza-impulsar-movilidad-sostenible-conductores-plataforma-20230731103320.html>

Registro Único Nacional de Transporte, 2024. *Parque automotor registrado en RUNT*. [En línea] Available at:

<https://www.runt.gov.co/runt-en-cifras/parque-automotor>

[Último acceso: 21 Enero 2024].

Resiliencia, G. d. E. -. P. d. R. T. y., 2024. *Conoce el programa CE Implementa para el impulso de las Comunidades Energéticas en España*. [En línea] Available at:

<https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-programa-ce-implementa-impulso-comunidades-energeticas-Espana-perte-erha-prtr>

[Último acceso: 2024].

Revista Motor, 2022. *Revista Motor*. [En línea] Available at:

<https://www.motor.com.co/industria/Sabe-cuantos-carros-hibridos-y-electricos-hay-en-Colombia-20220526-0004.html>

[Último acceso: 11 Octubre 2023].

RUNT, 2023. *Balance del primer semestre de 2022. Sector tránsito y transporte en Colombia*, Bogotá: Registro Único Nacional de Tránsito.

Schiphol Airport, s.f. [En línea] Available at:

<https://www.schiphol.nl/en/schiphol-as-a-neighbour/page/electric-buses-and-taxis-and-promoting-public-transport/>

Schulz, F. & Rode, J., 2022. Public charging infrastructure and electric vehicles in Norway. *Energy Policy*, Volumen 160, p. 112660.

Sociedad Alemana de Cooperación Internacional, s.f. “*Electrification of Taxi Fleets in China and Germany*”. [En línea]

Available at: <https://transition-china.org/wp-content/uploads/2022/12/Electrification-of-Taxi-Fleets-in-China-and-Germany-%E2%80%93-Status-Quo-and-Policy-Recommendations.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2021. *Diagnóstico de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia 2021*. [En línea]

Available at: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-de-Calidad-del-Servicio-de-Energia-2021.pdf>

[Último acceso: 15 enero 2024].

Superintendencia de Transporte, 2023. *Estadísticas de Tráfico Portuario*. [En línea]

Available at: <https://www.supertransporte.gov.co/index.php/superintendencia-delegada-de-puertos/estadisticas-trafico-portuario-en-colombia/>

[Último acceso: 15 enero 2024].

Sustainable Bus, s.f. [En línea]

Available at: <https://www.sustainable-bus.com/news/first-bus-consumer-charging-hub-electric-vehicles/>

[Último acceso: 2024].

The White House, s.f. [En línea]

Available at: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/02/15/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-new-standards-and-major-progress-for-a-made-in-america-national-network-of-electric-vehicle-chargers/>

U.S. Department of Energy, 2021. *Alternative Fuels Data Center - Electric Vehicle Infrastructure Projection Tool (EVI-Pro) Lite*. [En línea]

Available at: <https://afdc.energy.gov/evi-pro-lite>

[Último acceso: 18 Febrero 2024].

U.S. Department of Transportation, 2023. *Charger Types and Speeds*. [En línea]

Available at: <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>

[Último acceso: 15 Septiembre 2023].

Unidad de Planeación Minero Energética, 2023. *Actualización Plan Energético Nacional (PEN) 2022-2052*. [En línea]

Available at:

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Actualizacion_PEN_2022-2052_VF.pdf

[Último acceso: 5 Enero 2024].

Unión Internacional de Transporte Público, s.f. “*The case for electrification of taxis & ride-hailing*”. [En línea]

Available at: <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/10/Knowledge-Brief-Electrification-Taxis-Final.pdf>

USAENE, 2022. *Identificación de modelos de negocio y estructuración de hojas de ruta de implementación, para el desarrollo de la red de estaciones de carga pública a nivel nacional y la estructuración de proyectos piloto en Colombia*, Bogotá: s.n.

USANE, 2019. *Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos: Buses, motos, taxis, BRT*, Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

Vicepresidencia Ecuador, s.f. [En línea]
Available at: <https://www.vicepresidencia.gob.ec/la-electrolinera-mas-grande-del-ecuador-para-buses-y-taxis/>

Wallbox, s.f. *The Ultimate Guide to EV Incentives In Germany.* [En línea]
Available at: <https://blog.wallbox.com/en/the-ultimate-guide-to-ev-incentives-in-germany/#LocalEVIncentives>
[Último acceso: 15 octubre 2023].

World Resources Institute, s.f. [En línea]
Available at: <https://www.wri.org/insights/how-did-shenzhen-china-build-worlds-largest-electric-bus-fleet>

Ye, Z., Yu, N., Wei, R. & Cathy Liu, X., 2022. *Decarbonizing regional multi-model transportation system with shared electric charging hubs.* [En línea]
Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X22002947>
[Último acceso: 4 Diciembre 2023].

Yi Yong, J., Shan Tan, W., Khorasany, M. & Razzaghi, R., 2023. Electric vehicles destination charging: An overview of charging tariffs, business models and coordination strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumen 184, p. 113534.

Younes, Z. y otros, 2013. Analysis of the main factors influencing the energy consumption of electric vehicles. *International Electric Machines & Drives Conference*, pp. 247-253.