# Transferencia tecnológica en movilidad eléctrica: modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales de Bogotá

**Yuliana Ramírez Moya**

**Angelly Johana Coy Moya**

**Duilio José Centanaro Herrera**

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas y Facultad de Ingeniería

Maestría Inteligencia de Negocios, Maestría en Administración de Empresas - MBA, Maestría en Administración de Empresas en Ingeniería - MBA en Ingeniería

Bogotá, Colombia

09/09/2026

# Transferencia tecnológica en movilidad eléctrica: modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales de Bogotá

**Yuliana Ramírez Moya**

**Angelly Johana Coy Moya**

**Duilio José Centanaro Herrera**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Magíster en Inteligencia de Negocios, Magíster en Administración de Empresas - MBA, Magíster en Administración de Empresas en Ingeniería - MBA en Ingeniería**

Director:

Fabián Gerardo Díaz Garzón

Modalidad:

**Misión Académica EAN China 2026**

Universidad EAN

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas y Facultad de Ingeniería

Maestría Inteligencia de Negocios, Maestría en Administración de Empresas - MBA, Maestría en Administración de Empresas en Ingeniería - MBA en Ingeniería

Bogotá, Colombia

09/09/2026

## Resumen

El crecimiento de los vehículos eléctricos en Bogotá ha incrementado la necesidad de soluciones de recarga residencial que superen barreras asociadas a la inversión inicial, la medición individualizada y la gestión operativa en conjuntos residenciales. Esta investigación tuvo como objetivo diseñar un modelo Charging Aggregator para copropiedades de Bogotá, a partir de capacidades de innovación identificadas durante la Misión Académica EAN China 2026, y evaluar su viabilidad financiera. Se desarrolló una investigación aplicada, con enfoque cualitativo y alcance exploratorio-descriptivo, mediante un estudio de caso apoyado en análisis comparativo internacional. La metodología integró observación directa, entrevistas semiestructuradas, revisión documental, benchmarking de actores del sector y evaluación financiera. Los resultados permitieron estructurar una propuesta Zero-CAPEX para la copropiedad, con gestión digital de la infraestructura y facturación individualizada por consumo. En el escenario base, la propuesta alcanzó un VPN positivo de $16,9 millones, una TIR anual equivalente del 112,8 % y un período de recuperación de la inversión de 12 meses; los escenarios base y optimista resultaron viables, mientras que el escenario conservador no alcanzó el retorno esperado. Se concluye que la transferencia y adaptación de prácticas identificadas en el ecosistema chino de movilidad eléctrica constituyen una alternativa viable para promover el desarrollo de infraestructura de carga residencial en Bogotá.

**Palabras clave:** movilidad eléctrica, infraestructura de carga, transferencia tecnológica, Charging Aggregator, viabilidad financiera, conjuntos residenciales.

**Abstract**

The growth of electric vehicles in Bogotá has increased the need for residential charging solutions capable of overcoming barriers related to upfront investment, individual energy metering, and operational management in residential condominiums. This research aimed to design a Charging Aggregator model for residential communities in Bogotá based on innovation capabilities identified during the EAN China 2026 Academic Mission and to evaluate its financial viability. An applied research approach with a qualitative design and exploratory-descriptive scope was developed through a case study supported by international comparative analysis. The methodology integrated direct observation, semi-structured interviews, document review, industry benchmarking, and financial evaluation. The results enabled the development of a Zero-CAPEX proposal for residential communities, incorporating digital infrastructure management and consumption-based billing. Under the base-case scenario, the proposal achieved a positive Net Present Value (NPV) of COP 16.9 million, an annual Internal Rate of Return (IRR) of 112.8%, and a simple payback period of 12 months. The base and optimistic scenarios proved financially viable, whereas the conservative scenario did not meet the expected return threshold. The study concludes that the transfer and adaptation of practices identified within the Chinese electric mobility ecosystem represent a viable alternative for promoting the sustainable development of residential electric vehicle charging infrastructure in Bogotá.

**Keywords**: electric mobility, charging infrastructure, technology transfer, charging aggregator, financial viability, residential complexes.

**Contenido**

**Pág.**

Lista de Figuras 11

Lista de Tablas ..... 12

1. Planteamiento del Problema ..... 13

2. Justificación ..... 14

3. Objetivos de la investigación ..... 16

3.1 Objetivo General ..... 16

3.2 Objetivos Específicos ..... 16

4. Marco Institucional ..... 17

4.1 Contexto sectorial e infraestructura existente en Bogotá ..... 17

4.2 Referentes internacionales: empresas visitadas en la misión académica China 2026 ..... 18

4.2.1 Power China Engineering Company ..... 18

4.2.2 BYD (Build Your Dreams) ..... 19

4.2.3 Xiaomi Automotive ..... 19

4.2.4 Tus Park (Parque Tecnológico de Tsinghua University) ..... 20

5. Marco Conceptual ..... 20

5.1 Movilidad eléctrica y transición energética urbana ..... 20

5.2 Infraestructura de carga AC Tipo 2 para conjuntos residenciales ..... 22

5.3 Estándares de conectores y protocolos de comunicación ..... 23

5.4 Benchmarking internacional de modelos de carga residencial en copropiedades ..... 24

5.5 Modelos de viabilidad financiera para infraestructura energética ..... 25

5.6 Estructura de costos de capital (CAPEX) y operación (OPEX) en proyectos de carga eléctrica ..... 27

5.7 Indicadores financieros de evaluación de proyectos: VPN, TIR y payback ..... 28

5.8 Marco regulatorio e incentivos tributarios para proyectos de energía en Colombia ..... 29

5.9 Ecosistemas de innovación y transferencia tecnológica internacional ..... 31

5.10 Marco HMW (How Might We) como herramienta de formulación de oportunidades ..... 32

6. Diseño metodológico para el diagnóstico de la situación problema a intervenir ..... 34

6.1 Tipo de investigación y enfoque ..... 35

6.2 Población y muestra ..... 36

6.3 Trabajo de campo — Misión Académica EAN China 2026 ..... 37

6.4 Instrumentos de recolección ..... 38

6.4.1 Instrumentos de recolección empresas nacionales ..... 38

6.4.2 Instrumentos de recolección empresas China ..... 39

7. Presentación de Resultados ..... 40

7.1 Diagnóstico del Modelo de Innovación Misión Académica EAN China 2026 ..... 40

7.1.1 BYD: integración vertical como ventaja competitiva ..... 41

7.1.2 Power China: infraestructura a escala y alianzas público-privadas ..... 41

7.1.3 Referencias complementarias: Xiaomi y Tus Park ..... 42

7.1.4 Análisis entrevistas semiestructuradas ..... 45

7.2 Diagnóstico del Modelo de estaciones de carga en Colombia ..... 50

7.2.1 Enel X Colombia ..... 50

7.2.2 Terpel Carga Eléctrica ..... 53

7.2.3 Fleischmann Colombia — integrador MEP para flotas eléctricas corporativas ..... 56

8. Propuesta de Modelo de Negocio: Agregador de carga urbana ..... 59

8.1 Formulación de la oportunidad de innovación Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá ..... 60

8.2 Diagnóstico del problema y formulación HMW ..... 60

8.3 Fundamentos teóricos del modelo ..... 61

8.3.1 Charging as a Service (CaaS) y modelo Zero-CAPEX ..... 61

8.3.2 Triple Hélice y parques de innovación ..... 62

8.3.3 Economías de plataforma (two-sided markets) ..... 62

8.4 Arquitectura funcional del Charging Aggregator ..... 62

8.4.1 Capa de infraestructura física ..... 62

8.4.2 Capa de conectividad y protocolo ..... 63

8.4.3 Capa de software de gestión ..... 63

8.4.4 Capa de servicios al usuario — aplicación móvil ..... 64

8.4.5 Módulo de calculadora de coeficiente de carga metodológica ..... 69

8.5 Modelo Zero-CAPEX y estructura tarifaria ..... 70

8.5.1 Estructura de inversión — CAPEX ..... 70

8.5.2 Modelo tarifario y recuperación de inversión ..... 71

8.5.2.1 Validación de la tarifa frente al mercado ..... 72

8.5.3 Indicadores financieros: Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) ..... 74

8.6 Programa valet universitario — Triple hélice aplicada al contexto colombiano ..... 76

8.7 Matriz de transferencia tecnológica China–Bogotá ..... 77

8.8 Marco regulatorio habilitante en Colombia ..... 78

8.9 Diferenciación frente a Enel X Colombia ..... 78

8.10 Síntesis y validación de la propuesta Charging Aggregator ..... 79

9. Conclusiones ..... 81

10. Referencias ..... 84

10.1. Referencias bibliográficas ..... 84

10.2. Fuentes primarias ..... 90

11. Anexos ..... 91

## Lista de Figuras

**Pág.**

Figura 1 Módulos de mapa y reserva ..... 65

Figura 2 Módulos de reserva y monitoreo de sesión ..... 66

Figura 3 Módulo de monitoreo y calculadora de coeficiente de carga ..... 67

Figura 4 Módulo de administración y servicio valet universitario ..... 68

## Lista de Tablas

**Pág.**

Tabla 1 Cronograma de desarrollo del proyecto y actividades de trabajo de campo ..... 34

Tabla 2 Instrumento de recolección de información para empresas nacionales ..... 38

Tabla 3 Instrumento de recolección de información aplicado a las empresas visitadas durante la Misión Académica EAN China 2026 ..... 39

Tabla 4 Resultados de entrevista estructurada aplicada a Enel X Colombia ..... 52

Tabla 5 Resultados del benchmarking realizado a Terpel Carga Eléctrica ..... 55

Tabla 6 Resultados del análisis de Fleischmann Colombia como integrador de infraestructura de carga para vehículos eléctricos ..... 58

Tabla 7 Estructura de CAPEX para tres puntos de carga Tipo 2 en conjunto residencial estrato 4, Bogotá ..... 70

Tabla 8 Composición de la tarifa al usuario del Charging Aggregator — Bogotá estrato 4, 2026 ..... 71

Tabla 9 Simulación de tarifa y viabilidad del operador por estrato residencial — Bogotá, 2026 71

Tabla 10 Comparación de la tarifa propuesta frente a referencias de mercado — Bogotá, 2026 ..... 72

Tabla 11 Análisis de sensibilidad del payback según tasa de utilización diaria — 3 puntos de carga, tarifa $1.628/kWh ..... 73

Tabla 12 Resumen de indicadores financieros del modelo Charging Aggregator ..... 75

Tabla 13 Matriz de transferencia tecnológica China–Bogotá para el modelo Charging Aggregator ..... 77

## 1. Planteamiento del Problema

Entre 2023 y 2026, Bogotá ha experimentado un crecimiento acelerado en la adopción de vehículos eléctricos, impulsado por incentivos regulatorios, beneficios tributarios y una mayor oferta de vehículos en el mercado colombiano. Paralelamente, China se ha consolidado como referente mundial en movilidad eléctrica gracias al despliegue masivo de infraestructura de recarga y al desarrollo de ecosistemas de innovación liderados por empresas como BYD, Power China, Xiaomi y el parque tecnológico Tus Park. (Agencia Internacional de Energía, 2024).

No obstante, el crecimiento del parque automotor eléctrico en Bogotá no ha estado acompañado por soluciones integrales de recarga para conjuntos residenciales. Aunque el mercado ofrece cargadores AC Tipo 2, persisten barreras asociadas a la inversión inicial requerida por las copropiedades, la ausencia de sistemas de medición individualizada del consumo, las dificultades para gestionar la demanda energética y la falta de operadores especializados que articulen infraestructura, operación y facturación en una misma propuesta de valor. Esta situación contrasta con los requerimientos técnicos establecidos por la Resolución 1680800 de 2025 para la implementación de infraestructura de recarga, evidenciando una brecha entre el crecimiento de la movilidad eléctrica y la capacidad de los entornos residenciales para atender dicha demanda.

En este contexto, los aprendizajes obtenidos durante la Misión Académica EAN China 2026 constituyen una oportunidad para identificar modelos de negocio, mecanismos de gestión y capacidades tecnológicas transferibles al contexto colombiano. En consecuencia, la presente investigación se orienta a responder la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden transferirse y adaptarse las prácticas de innovación observadas en BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park al diseño de un modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales de Bogotá, que

favorezca su implementación bajo condiciones de viabilidad financiera en el contexto colombiano?

## 2. Justificación

El crecimiento de los vehículos eléctricos en Bogotá ha generado una necesidad cada vez mayor de contar con soluciones de carga que acompañen esta transición. Aunque la ciudad ha avanzado en la adopción de este tipo de vehículos gracias a los incentivos gubernamentales y a una oferta más amplia en el mercado, todavía existen dificultades para acceder a servicios de recarga, especialmente en conjuntos residenciales. Según ANDEMOS (2024), las matrículas de vehículos eléctricos en Bogotá registraron un crecimiento del 67 % durante 2023, evidenciando un aumento sostenido de la demanda por este tipo de movilidad.

La relevancia de esta problemática radica en que la consolidación de la movilidad eléctrica no depende exclusivamente del crecimiento del parque automotor eléctrico, sino también de la disponibilidad de infraestructura que garantice condiciones adecuadas para su uso cotidiano. En este sentido, la expansión de las ventas de vehículos eléctricos ha generado una demanda creciente de soluciones de recarga residencial; sin embargo, la infraestructura y los mecanismos de gestión asociados no han evolucionado al mismo ritmo, lo que plantea desafíos relacionados con la medición individual del consumo, la asignación de costos y la administración eficiente de recursos compartidos.

En este contexto, Colombia ha promovido la transición energética mediante políticas e incentivos orientados a fomentar la adopción de tecnologías limpias (Ministerio de Minas y Energía, 2024). No obstante, aún existe la necesidad de evaluar modelos de negocio que permitan expandir la infraestructura de carga sin trasladar la totalidad de la inversión inicial a las copropiedades. Esta situación justifica el análisis de alternativas innovadoras que faciliten la

implementación de soluciones de recarga sostenibles desde el punto de vista técnico, operativo y financiero.

En consecuencia, este trabajo combina el análisis de viabilidad financiera de un modelo de carga para conjuntos residenciales con la identificación de oportunidades de transferencia tecnológica derivadas de la experiencia observada en China. El propósito es proponer una alternativa que contribuya al crecimiento de la movilidad eléctrica en Bogotá y que pueda implementarse bajo condiciones reales del mercado colombiano.

# 3. Objetivos de la investigación

## 3.1 Objetivo General

Diseñar un modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá a partir de las capacidades de innovación identificadas en el ecosistema chino observado durante la Misión Académica EAN China 2026, evaluando su viabilidad financiera como criterio de validación de la propuesta.

## 3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las tendencias globales y los ejes de innovación tecnológica en movilidad eléctrica e infraestructura de carga, con énfasis en el ecosistema chino y en las empresas visitadas durante la misión académica de la Universidad EAN a China (junio de 2026).
2. Diagnosticar el modelo de innovación de BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park, identificando los factores críticos de éxito y las capacidades transferibles al contexto colombiano frente a los desafíos de la transición a la movilidad eléctrica en Bogotá.
3. Diseñar y validar un modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá, basado en capacidades identificadas en el ecosistema chino de movilidad eléctrica, y evaluar su viabilidad financiera mediante indicadores de VPN, TIR y período de recuperación de la inversión (payback).

# 4. Marco Institucional

## 4.1 Contexto sectorial e infraestructura existente en Bogotá

El sector de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá presenta un desarrollo aún incipiente, aunque con señales institucionales y operativas que sugieren condiciones favorables para futuras inversiones. En este contexto, la ciudad dispone de infraestructura pública divulgada por la Alcaldía Mayor de Bogotá y, al mismo tiempo, cuenta con la participación de operadores privados que ofrecen servicios de recarga en distintos formatos, lo que permite identificar una base inicial de mercado y un proceso temprano de aprendizaje operativo (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.; Enel X, s. f.-a).

En el ámbito público, la Alcaldía Mayor de Bogotá (s. f.) informa la existencia de seis estaciones de carga para vehículos eléctricos, ubicadas en Calle 97, Modelia, Alhambra, San Andresito de la 38, Nicolás de Federmán y Terminal de Transporte. Esta información constituye una referencia oficial para reconocer la infraestructura de recarga divulgada por el Distrito y evidenciar que la ciudad ya cuenta con una red inicial de soporte para la movilidad eléctrica.

De acuerdo con la evidencia recopilada del sector privado, Enel X (s. f.-a) reporta 67 equipos públicos instalados de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá, distribuidos en distintos puntos de la ciudad y con tecnologías de carga rápida, semirrápida y lenta. No obstante, esta cifra debe interpretarse como cantidad de equipos o cargadores y no necesariamente como número de estaciones físicas, lo cual resulta metodológicamente relevante al momento de caracterizar la oferta existente de infraestructura.

En materia regulatoria, Bogotá ha venido consolidando progresivamente disposiciones específicas en torno a la movilidad eléctrica. Un antecedente relevante fue la Resolución 149772 de 2023 de la Secretaría Distrital de Movilidad, posteriormente derogada por la Resolución 1680800 de 2025, mediante la cual se adopta el Protocolo de recarga de vehículos eléctricos y

se establecen otras disposiciones. La importancia de esta normativa radica en que la viabilidad de proyectos de infraestructura de carga para vehículos eléctricos no depende exclusivamente de la demanda potencial, sino también de las condiciones regulatorias y administrativas para su instalación y operación (Secretaría Distrital de Movilidad, 2025).

Un antecedente relevante para la presente investigación es el Estudio de factibilidad de la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, el cual concluyó que existían condiciones de factibilidad para implementar infraestructura de recarga en la ciudad, aunque bajo esquemas más viables en espacios arrendados y con estaciones semirrápidas. Este hallazgo no contradice la presente propuesta, sino que la fortalece, en la medida en que evidencia la existencia previa del problema e identifica un punto de partida para actualizar el análisis bajo nuevas condiciones tecnológicas, regulatorias y de mercado, específicamente en relación con infraestructura de carga para vehículos eléctricos y modelos de carga residencial en Bogotá (Acosta et al., 2021).

### 4.2 Referentes internacionales: empresas visitadas en la misión académica China 2026

La misión académica de la Universidad EAN a China (junio de 2026) contempló la visita a cuatro organizaciones que representan distintos eslabones del ecosistema de innovación en movilidad eléctrica e infraestructura energética. El análisis de estas empresas enriquece el marco institucional al contrastar la oportunidad de innovación propuesta con referentes de clase mundial que han resuelto retos similares a escala.

#### 4.2.1 Power China Engineering Company

Power China (Power Construction Corporation of China) es el mayor conglomerado de ingeniería energética de China, con presencia en más de 140 países y proyectos en generación, transmisión y distribución de energía a gran escala (Power Construction Corporation of China,

2023). En el ámbito de la movilidad eléctrica, Power China construye subestaciones de media tensión que alimentan redes de carga rápida DC y desarrolla microrredes integradas con energías renovables para parques logísticos e industriales. Su principal aporte a la investigación radica en el modelo de Asociación Público-Privada (APP) que aplica para estructurar proyectos de infraestructura energética en mercados regulados, reduciendo el riesgo inicial de inversión y facilitando la obtención de licencias y conexiones a la red.

#### 4.2.2 BYD (Build Your Dreams)

BYD es el mayor fabricante de vehículos eléctricos del mundo por unidades vendidas y uno de los principales desarrolladores de infraestructura de carga rápida DC (BYD Company Ltd., 2024). Su modelo de integración vertical —desde la celda de batería Blade (LFP) hasta la estación de carga— le permite ofrecer soluciones de carga como servicio (Charging-as-a-Service) con costos CAPEX y OPEX significativamente menores a los de sus competidores. BYD también ha desarrollado tecnología de carga ultrarrápida de 1.000 voltios capaz de entregar 1.500 kW de potencia, lo que reduce el tiempo de carga a menos de cinco minutos para sus modelos más recientes (MarkLines, 2026). Para la propuesta, BYD representa el referente directo en operación de estaciones de carga DC rápida con modelo de negocio demostrado y escalable.

#### 4.2.3 Xiaomi Automotive

Xiaomi irrumpió en el mercado de vehículos eléctricos con el SU7 en 2024, fabricado en una planta altamente automatizada en Beijing con más del 70 % de operaciones robotizadas (Xiaomi Corporation, 2024). Aunque Xiaomi es un actor nuevo en la industria automotriz, su caso ilustra cómo la madurez de la cadena de suministro china ha reducido las barreras de entrada al sector de vehículos eléctricos. Para la investigación, el caso Xiaomi es relevante en dos sentidos: primero, valida la tendencia de crecimiento acelerado de la flota de VE, lo que sustenta las proyecciones de demanda del modelo financiero; segundo, demuestra que los usuarios de VE

esperan experiencias digitales integradas, lo que refuerza la necesidad de que las estaciones de carga en Bogotá incorporen pagos móviles, monitoreo en tiempo real y gestión de cola desde el primer día de operación.

#### 4.2.4 Tus Park (Parque Tecnológico de Tsinghua University)

Tus Park articula investigación universitaria, incubación de startups y transferencia tecnológica hacia la industria en sectores de energías limpias, inteligencia artificial y manufactura avanzada (Tsinghua University Science Park, 2022). Proyectos de investigación de Tsinghua sobre baterías de estado sólido y carga inalámbrica han migrado hacia aplicaciones comerciales a través de la incubadora del parque. Para el modelo propuesto, Tus Park ofrece una hoja de ruta para desarrollar alianzas con universidades colombianas —Universidad de los Andes, Universidad Nacional, Universidad EAN— que permitan acceder a capacidades de investigación en materiales, gestión de energía y modelos de negocio, reduciendo la dependencia de tecnología importada en el mediano plazo y fortaleciendo la propuesta de valor del proyecto.

## 5. Marco Conceptual

El presente marco conceptual reúne los conceptos teóricos, técnicos, regulatorios y financieros que sustentan el diseño y la evaluación de viabilidad del modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá. Su propósito es proporcionar las bases conceptuales necesarias para comprender la movilidad eléctrica, la infraestructura de carga AC Tipo 2, los modelos de negocio asociados a la recarga de vehículos eléctricos y los procesos de transferencia tecnológica analizados durante la investigación.

### 5.1 Movilidad eléctrica y transición energética urbana

La movilidad eléctrica se refiere al uso de vehículos impulsados total o parcialmente por motores eléctricos, cuya energía procede principalmente de baterías recargables o, en algunos casos, de celdas de combustible. Este modelo de transporte surge como una alternativa a los

sistemas tradicionales de combustión interna, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes, mejorar la eficiencia energética y apoyar los procesos de transición energética en entornos urbanos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). En esa línea, Hawkins et al. (2013) señalan que, aun considerando el ciclo de vida de los vehículos eléctricos —incluyendo la fabricación de baterías y la generación de electricidad—, su huella de carbono resulta significativamente menor, lo que fundamenta su papel en las estrategias de descarbonización. En las principales ciudades, la movilidad eléctrica se ha consolidado como una estrategia para mitigar problemáticas asociadas a la congestión vehicular y a la contaminación del aire, al tiempo que contribuye al desarrollo de sistemas de transporte más limpio y eficientes (Rezvani, Jansson, y Bodin, 2015).

Si se analiza desde la planificación urbana sostenible, la adopción de vehículos eléctricos se asocia con avances significativos hacia el desarrollo de las ciudades inteligentes, mejoras en la calidad del aire y la disminución de impactos negativos sobre la salud pública. Banister (2008) argumenta que la transformación de los sistemas de transporte requiere cambios estructurales en la planificación territorial, la densificación urbana y la intermodalidad, así como la sustitución tecnológica del parque automotor. Desde esta aproximación, la movilidad eléctrica se configura como un elemento para la transformación de los sistemas de transporte urbano, al integrarse en modelos más sostenibles, resilientes y eficientes. Esta visión resulta especialmente relevante para el caso de Bogotá, donde los incentivos de circulación generan transformaciones estructurales sostenibles únicamente si están acompañados de condiciones físicas y técnicas que garanticen la operación cotidiana del usuario.

En economías de desarrollo y contextos emergentes, se proyecta un crecimiento acelerado del parque automotor eléctrico, impulsado por incentivos regulatorios, mayor conciencia ambiental y la reducción progresiva de los costos. En América Latina, este proceso se ha

intensificado especialmente en el ámbito del transporte público, donde la incorporación de buses eléctricos representa una estrategia para mejorar la eficiencia operativa y reducir emisiones a gran escala (Sierzchula et al., 2014). Como advierten Martínez-Gómez y Espinoza (2024), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021) señala que la movilidad eléctrica en la región ha crecido más del 260 % en los últimos dos años en los países más representativos, pero este crecimiento depende en gran medida de los marcos normativos establecidos por los gobiernos, dado que la demanda del mercado es insuficiente para sostener, por sí sola, las inversiones privadas en infraestructura de carga a gran escala.

Para el caso colombiano, diversos estudios señalan que la adopción de la movilidad eléctrica se encuentra influenciada por políticas públicas, incentivos económicos y condiciones diferenciales en las ciudades principales. Echeverri et al. (2019) identifican que factores como la exención de restricciones de circulación, beneficios tributarios y la percepción del ahorro en combustibles son determinantes para la compra en el segmento de usuarios privados; no obstante, la disponibilidad y la confiabilidad de la infraestructura de carga puede neutralizar el efecto de dichos incentivos. Estos factores han posicionado a Colombia como un actor relevante en la región en la incorporación de tecnologías limpias dentro del transporte. En particular, en Bogotá, dichas condiciones han promovido el crecimiento del parque automotor eléctrico y han generado una presión creciente sobre la infraestructura de carga, la cual se constituye como un elemento crítico para la sostenibilidad y operación del sistema de movilidad eléctrica urbana.

### 5.2 Infraestructura de carga AC Tipo 2 para conjuntos residenciales

La infraestructura de carga AC Tipo 2 constituye el elemento habilitador central del modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales. Desde el punto de vista técnico, los cargadores de nivel 2 operan en corriente alterna (AC) con potencias entre 3,7 kW y 22 kW; en el contexto residencial colombiano, el estándar es el conector Tipo 2 (IEC 62196-2) a 7,2 kW (32

A × 230 V), que permite cargar completamente un vehículo eléctrico moderno en 4 a 8 horas, compatible con el patrón de carga nocturna de los residentes. A diferencia de la carga DC rápida —que exige transformadores especializados y CAPEX unitarios superiores a USD 40.000—, la infraestructura AC Tipo 2 puede instalarse en la red eléctrica existente del conjunto con adecuaciones menores, haciendo viable el modelo cero-CAPEX para la copropiedad (Madaram, 2024).

La planificación de la infraestructura de carga en copropiedades considera variables distintas a las de las estaciones públicas DC. La capacidad de conexión a la red eléctrica del conjunto —evaluada mediante el estudio de cargabilidad— determina el número de puntos instalables sin comprometer la estabilidad del sistema eléctrico compartido. Diversos estudios indican que algunos conjuntos residenciales podrían disponer de capacidad residual suficiente para 2 a 4 puntos de carga Tipo 2 de 7,2 kW sin requerir ampliación del transformador, siempre que se implemente gestión inteligente de carga para distribuir la demanda en horarios valle (Çelik y Ok, 2024).

Los patrones de uso en infraestructura residencial AC presentan menor heterogeneidad que en estaciones públicas DC: el comportamiento dominante es la carga nocturna, con ventanas de 6 a 10 horas que maximizan la energía por sesión. Estudios en entornos residenciales latinoamericanos reportan tasas de utilización del 40 %-65 % con gestión activa de reservas, frente al 15 %-25 % de estaciones públicas DC en etapas tempranas (International Energy Agency, 2024; Zhan et al., 2025). Esta diferencia refuerza la viabilidad del modelo Charging Aggregator en el segmento residencial.

### 5.3 Estándares de conectores y protocolos de comunicación

La interoperabilidad en carga AC se garantiza mediante el estándar IEC 62196-2 (conector Tipo 2), de adopción creciente en Colombia. El protocolo de comunicación entre el cargador y la

plataforma de gestión es el OCPP (Open Charge Point Protocol) 2.0, que habilita el control remoto de sesiones, medición certificada de energía y autenticación por RFID o app móvil. A diferencia de los sistemas DC con CCS2 o CHAdeMO, los cargadores Tipo 2 con OCPP 2.0 son menos complejos, tienen menor costo de mantenimiento y son compatibles con todos los vehículos eléctricos comercializados en Colombia a 2026, incluyendo los modelos BYD del mercado nacional (CharIN e.V., 2022).

### 5.4 Benchmarking internacional de modelos de carga residencial en copropiedades

El análisis comparativo de modelos de carga residencial en mercados internacionales establece parámetros de referencia para el Charging Aggregator en Bogotá. Noruega, China, Países Bajos y Reino Unido han desarrollado esquemas de carga AC en condominios que demuestran la viabilidad del modelo de carga gestionada en copropiedades residenciales (International Energy Agency, 2024).

Las métricas clave en modelos residenciales son la tasa de utilización diaria, el consumo mensual por punto (kWh/mes), el ingreso por kWh y el período de recuperación de la inversión. En mercados como Noruega y Países Bajos, las tasas de utilización de cargadores AC residenciales gestionados oscilan entre 45 % y 70 %, con payback de 8 a 18 meses cuando la tarifa al usuario supera la tarifa energética regulada (Rocky Mountain Institute, 2023).

Los modelos de negocio predominantes en carga residencial son el Charging as a Service (CaaS) —el operador asume el CAPEX a cambio de un porcentaje de ingresos— y el modelo cero-CAPEX, en el que el conjunto cede el espacio y la conexión eléctrica sin inversión inicial. Ambos eliminan la barrera de entrada del costo de equipos y son más adecuados para mercados emergentes como Colombia (International Energy Agency, 2024).

Los costos de instalación de cargadores AC Tipo 2 en mercados latinoamericanos oscilan entre USD 800 y USD 2.500 por punto, equivalentes a un rango aproximado entre $3.200.000 y

$9.000.000 con costos locales (NREL, 2023). Este rango es consistente con el CAPEX unitario del modelo en Bogotá ($2.365.843 por cargador Cubis Box, más los costos de instalación), confirmando la competitividad de la propuesta frente a referencias internacionales.

China lidera el despliegue de carga AC residencial integrada en complejos de vivienda, con más de 2,1 millones de puntos en edificios residenciales a diciembre de 2024 (Agencia Internacional de Energía, 2024). Las cuatro empresas visitadas —BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park— ilustran cómo la integración de plataformas digitales y gestión inteligente incrementa la tasa de utilización y mejora el modelo financiero.

Las cuatro empresas visitadas aportan dimensiones complementarias. BYD integra verticalmente vehículo, batería y cargador, reduciendo el costo total y mejorando la compatibilidad con su flota en Colombia. Power China demuestra que los esquemas APP reducen el costo efectivo de capital en proyectos residenciales. Xiaomi aporta integración IoT hogar-vehículo, aplicable al módulo de domótica del conjunto. Tus Park ilustra el modelo de Triple Hélice que inspira el programa valet universitario del Charging Aggregator (Power Construction Corporation of China, 2023).

Para Bogotá, el benchmarking indica una tasa de utilización objetivo entre 45 % y 55 % durante el primer año, un CAPEX unitario estimado entre $2 millones y $3,5 millones para cargadores AC Tipo 2, y un payback entre 9 y 18 meses según el nivel de utilización observado. Estos valores son consistentes con los resultados obtenidos en el análisis financiero desarrollado para el modelo propuesto en el capítulo 8 (BloombergNEF, 2023).

### 5.5 Modelos de viabilidad financiera para infraestructura energética

La evaluación de la viabilidad financiera de proyectos de infraestructura energética se apoya en metodologías propias de las finanzas corporativas y la evaluación de proyectos, adaptadas a las características específicas del sector. El modelo financiero para este tipo de proyectos

integra, en su estructura básica, la proyección de flujos de caja libres durante el horizonte de evaluación, la estimación del costo de capital y la aplicación de indicadores de decisión que permiten determinar si el proyecto crea valor económico para los inversionistas (Sapag Chain et al., 2014).

Para proyectos de infraestructura de carga eléctrica, la literatura especializada destaca la relevancia del análisis de flujo de caja descontado (Discounted Cash Flow, DCF) como metodología central, complementado con análisis de escenarios y sensibilidad que evalúan el impacto de variables críticas como el precio de la energía, la tasa de utilización de los cargadores, la demanda proyectada de vehículos eléctricos y los cambios en el marco regulatorio (Berk y DeMarzo, 2020). Este enfoque resulta especialmente pertinente en contextos de mercado emergente, donde la incertidumbre sobre la adopción tecnológica y la estabilidad normativa introduce niveles de riesgo adicionales que deben ser cuantificados y gestionados en el modelo.

Adicionalmente, los modelos de viabilidad para infraestructura energética incorporan variables propias del sector, como la estructura tarifaria de la energía eléctrica, la capacidad de conexión a la red y los costos asociados a la integración de fuentes de generación distribuida. Se distinguen dos enfoques principales de estructuración: el análisis de viabilidad desde el capital propio (equity), y el análisis del proyecto como entidad independiente que considera la totalidad del financiamiento requerido (Nagmani, Tyagi, y Puravankara, 2024). En el presente proyecto, el modelo se construye bajo este segundo enfoque, evaluando los flujos de caja operativos netos en el horizonte 2025-2030 para determinar la creación de valor del proyecto con independencia de su estructura de financiamiento. Este horizonte 2025-2030 describe la ventana de maduración del mercado de movilidad eléctrica y la oportunidad de negocio en Bogotá; el horizonte específico de evaluación financiera del contrato piloto entre el operador y una copropiedad —desarrollado

en el capítulo 8— es de 24 meses, correspondiente al plazo contractual inicial definido en el diseño del modelo (sección 8.4.5).

### 5.6 Estructura de costos de capital (CAPEX) y operación (OPEX) en proyectos de carga eléctrica

La estructura de costos de la infraestructura de carga AC Tipo 2 para conjuntos residenciales presenta características diferentes a las de los proyectos de carga rápida de uso público. Su menor requerimiento de potencia, menor complejidad de instalación y enfoque en la carga residencial permiten desarrollar modelos de negocio con inversiones significativamente más bajas y períodos de recuperación más cortos. Comprender la composición del CAPEX y el OPEX es fundamental para evaluar la viabilidad financiera del modelo Charging Aggregator propuesto.

El CAPEX (Capital Expenditure), o gasto de capital, comprende todas las inversiones en activos fijos necesarias para la puesta en marcha de la estación. Según la evidencia internacional (International Energy Agency, 2024; NREL, 2023), sus principales componentes son: la adquisición de los equipos de carga (cargadores AC, sistemas de gestión de energía, protecciones eléctricas), la adecuación de la infraestructura eléctrica (transformador, acometida de media tensión, tableros de distribución), las obras civiles (cimentación, canalizaciones, señalización), los sistemas de conectividad y gestión remota, y los costos de ingeniería, permisos y puesta en marcha. De acuerdo con las normas contables aplicables en Colombia, el CAPEX no se registra como gasto en el período de realización, sino que se deprecia a lo largo de la vida útil de cada activo (Sapag Chain et al., 2014).

El OPEX (Operating Expenditure), o gasto operativo, incluye los costos recurrentes durante la fase de operación. Para proyectos de infraestructura de carga eléctrica, el componente de mayor peso en el OPEX es el costo de la energía eléctrica consumida, que puede representar entre el 50 % y el 70 % de los costos operativos totales, dependiendo de la tarifa aplicable y de la tasa

de utilización de los equipos (Rocky Mountain Institute, 2023). Los demás componentes del OPEX comprenden: el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, el arrendamiento del espacio físico, los seguros, la conectividad de los sistemas de gestión de la plataforma tecnológica y los gastos administrativos generales. El control riguroso del OPEX, y en particular del costo de energía, es determinante para la rentabilidad del proyecto, dado que los márgenes del negocio de carga eléctrica son sensibles a variaciones en las tarifas energéticas y en la tasa de utilización de la infraestructura. En el modelo Charging Aggregator propuesto, sin embargo, el costo de la energía no forma parte del OPEX del operador: la tarifa regulada se traslada directamente de la copropiedad (o del usuario final) a Codensa como flujo de paso (pass-through), sin que el operador la reciba ni la desembolse. El OPEX de $1.150.000 mensuales reportado en el capítulo 8 corresponde exclusivamente a los demás componentes descritos —mantenimiento, conectividad, arrendamiento y administración—, consistente con un modelo de negocio basado en comisión (fee) y no en la reventa de energía.

### 5.7 Indicadores financieros de evaluación de proyectos: VPN, TIR y payback

La evaluación de la viabilidad financiera del proyecto se apoya en tres indicadores cuantitativos complementarios para analizar la rentabilidad y el riesgo de la inversión desde perspectivas distintas.

El Valor Presente Neto (VPN) mide la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros del proyecto y la inversión inicial, descontados a una tasa de costo de capital determinada. Un VPN positivo indica que el proyecto genera valor por encima del costo de oportunidad del capital invertido; un VPN negativo señala lo contrario (Berk y DeMarzo, 2020). Su expresión matemática es:

$$VPN = \Sigma \left[FC_t / (1 + r)^t\right] - I_0$$

Donde $FC_t$ es el flujo de caja en el período t; r la tasa de descuento; n el horizonte de evaluación; e $I_0$ la inversión inicial.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero, representando así el rendimiento porcentual intrínseco del proyecto. El criterio de decisión establece que un proyecto es viable cuando la TIR supera el costo de capital o la tasa mínima de retorno exigida por el inversionista (Berk y DeMarzo, 2020). La TIR es especialmente útil para comparar la rentabilidad de alternativas de inversión bajo condiciones similares de riesgo.

El período de recuperación de la inversión (payback) corresponde al tiempo necesario para que los flujos de caja acumulados igualen la inversión inicial (Sapag Chain et al., 2014). Para proyectos de infraestructura de largo plazo como el presente, se recomienda el uso del payback descontado —que incorpora el valor del dinero en el tiempo—, por ofrecer una visión más conservadora y realista del horizonte de recuperación. En el capítulo 8 se reportan ambos indicadores para los tres escenarios de utilización analizados: el payback simple, de uso más intuitivo para la negociación con el consejo de administración de la copropiedad, y el payback descontado, recomendado como criterio técnico de evaluación.

### 5.8 Marco regulatorio e incentivos tributarios para proyectos de energía en Colombia

La viabilidad financiera y operativa de los proyectos de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Colombia está estrechamente relacionada con el marco normativo que regula la movilidad eléctrica, la comercialización de energía y los incentivos para la transición energética. En los últimos años, el país ha consolidado un conjunto de instrumentos regulatorios orientados a promover la adopción de tecnologías limpias y a facilitar el desarrollo de soluciones de carga tanto en espacios públicos como privados.

En este contexto, la Ley 1715 de 2014 estableció incentivos tributarios dirigidos a proyectos de energías renovables no convencionales y eficiencia energética, entre los que se encuentran la deducción del 50 % de la inversión realizada para efectos del impuesto sobre la renta, la exclusión del impuesto al valor agregado (IVA) y la exención de gravámenes arancelarios para equipos y maquinaria asociados a este tipo de proyectos (Congreso de la República de Colombia, 2014). Estos beneficios contribuyen a reducir los costos de inversión en infraestructura de carga y constituyen un elemento relevante para mejorar la rentabilidad de este tipo de iniciativas.

Posteriormente, la Ley 1964 de 2019 fortaleció el ecosistema de movilidad eléctrica mediante incentivos específicos para la adquisición y uso de vehículos eléctricos, así como para el desarrollo de infraestructura de recarga. Entre sus principales disposiciones se encuentran beneficios tributarios aplicables a vehículos y equipos asociados, así como medidas orientadas a promover su adopción, incluyendo excepciones a restricciones de circulación en diferentes ciudades del país (Congreso de la República de Colombia, 2019). Estas medidas favorecen el crecimiento del parque automotor eléctrico y, en consecuencia, incrementan la demanda potencial de servicios de carga residencial.

A nivel local, la Resolución 1680800 de 2025 de la Secretaría Distrital de Movilidad establece el protocolo de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá, definiendo requisitos técnicos, administrativos y operativos para la instalación y funcionamiento de infraestructura de carga. Entre otros aspectos, la norma incorpora lineamientos relacionados con seguridad, señalización, accesibilidad y reporte de información (Secretaría Distrital de Movilidad, 2025). Para proyectos como el Charging Aggregator, estos requerimientos representan condiciones habilitantes que deben incorporarse desde la fase de diseño e implementación, tanto en los costos de adecuación inicial como en las actividades de operación y cumplimiento normativo.

De manera complementaria, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha venido desarrollando disposiciones orientadas a regular la prestación de servicios de recarga de vehículos eléctricos y las condiciones de comercialización de energía asociadas a esta actividad. Este marco regulatorio resulta fundamental para la estructuración del modelo de negocio propuesto, dado que define las reglas bajo las cuales se realiza la facturación del servicio y la interacción entre los diferentes actores del mercado energético.

En conjunto, este marco normativo no solo proporciona seguridad jurídica para la implementación de infraestructura de carga, sino que también genera condiciones favorables para la viabilidad económica de modelos innovadores como el Charging Aggregator, al combinar incentivos a la inversión, mecanismos de promoción de la movilidad eléctrica y lineamientos técnicos para la operación de servicios de recarga en entornos residenciales.

### 5.9 Ecosistemas de innovación y transferencia tecnológica internacional

Un ecosistema de innovación es una red de actores, como empresas, universidades, entidades gubernamentales e instituciones financieras, que interactúan y evolucionan de manera conjunta para crear, difundir y apropiarse del valor generado por la innovación y el desarrollo tecnológico (Adner, 2006). De acuerdo con Chesbrough (2003), la innovación abierta permite a las organizaciones aprovechar conocimiento externo para acelerar los procesos de innovación y transferencia tecnológica.

En el sector de vehículos eléctricos, China ha construido el ecosistema de innovación más robusto del mundo mediante una política industrial sostenida por más de dos décadas: subsidios directos a la producción y adopción, estándares técnicos nacionales unificados, inversión pública en infraestructura de carga y la promoción de campeones empresariales globales como BYD, CATL y Power China (Ministerio de Industria e Información Tecnológica de China [MIIT], 2020; Agencia Internacional de Energía, 2024).

La transferencia tecnológica internacional es el proceso mediante el cual conocimientos, metodologías y modelos de negocio desarrollados en un contexto son adaptados y aplicados en otro (Palop y Vicente, 1999). En el caso del proyecto, la misión académica a China constituye un mecanismo de transferencia tecnológica de primer orden: permite al equipo emprendedor observar directamente los modelos operativos de Power China y BYD, identificar los factores críticos de éxito transferibles al contexto bogotano y adaptar sus aprendizajes a las condiciones regulatorias, culturales y de mercado de Colombia. Esta experiencia de primera mano complementa la revisión bibliográfica y el benchmarking documental, aportando un nivel de profundidad analítica que los estudios de escritorio no pueden alcanzar.

### 5.10 Marco HMW (How Might We) como herramienta de formulación de oportunidades

El marco How Might We (HMW), traducido como “¿Cómo podríamos...?”, es una herramienta del pensamiento de diseño (Design Thinking) utilizada para transformar problemas identificados en oportunidades de innovación. Su propósito es reformular hallazgos derivados del diagnóstico en preguntas abiertas que permitan explorar alternativas de solución sin predeterminar su resultado (Brown, 2008). De esta manera, el enfoque HMW facilita la conexión entre la comprensión del problema y la generación de propuestas innovadoras, promoviendo una visión orientada a las necesidades de los usuarios y al contexto en el que se desarrolla la solución.

A partir del diagnóstico realizado en Bogotá y de los aprendizajes obtenidos durante la Misión Académica EAN China 2026, se identificó una brecha entre el crecimiento de la adopción de vehículos eléctricos y la disponibilidad de soluciones de carga adaptadas a conjuntos residenciales. Adicionalmente, se evidenciaron oportunidades asociadas a la transferencia de capacidades de innovación observadas en empresas y organizaciones del ecosistema chino de movilidad eléctrica, particularmente en aspectos relacionados con modelos de negocio,

integración de actores y gestión de infraestructura. Estas oportunidades dieron origen a la siguiente pregunta HMW:

¿Cómo podríamos diseñar un modelo Charging Aggregator para conjuntos residenciales de Bogotá, inspirado en las capacidades de innovación observadas en BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park, que permita abordar las barreras de acceso a infraestructura de recarga y favorezca su implementación bajo condiciones de viabilidad financiera en el contexto colombiano?

## 6. Diseño metodológico para el diagnóstico de la situación problema a intervenir

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, orientado a identificar y sistematizar elementos del ecosistema de innovación chino en movilidad eléctrica e infraestructura de recarga para vehículos eléctricos, con el propósito de evaluar su aplicabilidad en el contexto bogotano. El diseño metodológico se fundamenta en la recolección de información primaria mediante entrevistas semiestructuradas y observación directa, complementada con revisión documental y análisis comparativo entre mercados. Adicionalmente, se incorpora la evaluación financiera como herramienta técnica de análisis para determinar la viabilidad económica de la propuesta formulada, sin que esto constituya un componente cuantitativo de investigación.

**Tabla 1**
*Cronograma de desarrollo del proyecto y actividades de trabajo de campo*

| Actividad / Fase | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Revisión de literatura y marco teórico | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | |
| 2. Elaboración y aprobación del anteproyecto | | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | |
| 3. Misión Académica EAN China 2026 | | | | | | ✓ | | | |
| 4. Entrevista Enel X Colombia (virtual) | | | | | | | ✓ | | |
| 5. Benchmarking Terpel Carga Eléctrica y empresa Fleischmann | | | | | | | ✓ | | |
| 6. Entrevistas BYD y Power China | | | | | | ✓ | | | |
| 7. Análisis de datos y triangulación | | | | | | | ✓ | ✓ | |
| 8. Redacción de capítulos (OE2, OE3) | | | | | | | ✓ | ✓ | |

| Actividad / Fase | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9. Revisión, ajustes y entrega final | | | | | | | | ✓ | |
| 10. Presentación ante jurado — Universidad EAN | | | | | | | | | ✓ |

*Nota. Elaboración propia (2026).*

### 6.1 Tipo de investigación y enfoque

La presente investigación es de tipo aplicado, con enfoque cualitativo y alcance exploratorio-descriptivo. Su carácter exploratorio se fundamenta en la necesidad de profundizar en un fenómeno sobre el cual la evidencia disponible aún es limitada, permitiendo comprender sus características, relaciones y dinámicas. Asimismo, el componente descriptivo se orienta a identificar y caracterizar los elementos que integran el ecosistema de innovación analizado, con el fin de comprender su funcionamiento y su posible aplicación en el contexto estudiado.

Por otra parte, su carácter aplicado responde a que los hallazgos de la investigación no se limitan a la comprensión del fenómeno estudiado, sino que están orientados a la formulación de una propuesta de intervención con potencial de impacto práctico en el contexto analizado.

De acuerdo con la estrategia metodológica, la investigación se desarrolla como un estudio de caso con análisis comparativo internacional. El caso principal corresponde al ecosistema de innovación chino en movilidad eléctrica e infraestructura de recarga para vehículos eléctricos, particularmente a través de las experiencias de BYD y Power China, el cual se estudia mediante trabajo de campo directo, incluyendo entrevistas semiestructuradas y observación. Por su parte, el contexto bogotano se incorpora como referente de comparación y contraste, a partir de la revisión de fuentes documentales y normativas secundarias.

Según la naturaleza de los datos, la investigación se fundamenta principalmente en fuentes primarias (observación directa y entrevistas semiestructuradas), complementadas con análisis

documental de fuentes secundarias, principalmente para caracterizar el contexto bogotano y respaldar normativamente el caso chino. Adicionalmente, la investigación incorpora la evaluación financiera como herramienta técnica para analizar la viabilidad económica de la propuesta formulada, sin que ello implique un componente cuantitativo de investigación, dado que no involucra levantamiento de datos primarios cuantitativos, muestreo estadístico ni inferencia hacia una población. El horizonte temporal es de tipo transversal, ya que la recolección de información se realizó durante el período de trabajo de campo desarrollado en junio de 2026, junto con la posterior sistematización y análisis de los hallazgos obtenidos.

### 6.2 Población y muestra

La muestra del estudio está compuesta por dos grupos de organizaciones seleccionadas mediante un muestreo intencional, de acuerdo con criterios de relevancia sectorial, liderazgo en movilidad eléctrica, acceso a la información y participación en la Misión Académica EAN China 2026. El primer grupo corresponde a empresas representativas del ecosistema de movilidad eléctrica chino visitadas durante la misión académica, entre ellas BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park. El segundo grupo está conformado por tres actores del sector de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Colombia, con los cuales se realizaron entrevistas y ejercicios de benchmarking.

La selección de estas empresas respondió a criterios de pertinencia temática y representatividad de diferentes modelos de negocio vinculados a la movilidad eléctrica, la infraestructura de carga y los ecosistemas de innovación. Esta diversidad permitió contrastar experiencias internacionales y nacionales, así como identificar elementos transferibles al contexto bogotano para la formulación de la propuesta desarrollada en la investigación.

### 6.3 Trabajo de campo — Misión Académica EAN China 2026

La primera fase de recolección de datos primarios corresponde a la Misión Académica Internacional de la Universidad EAN, realizada en China durante junio de 2026. El equipo investigador visitó y entrevistó a representantes de las empresas representativas del ecosistema de movilidad eléctrica chino:

1. Power China Engineering Company: empresa estatal líder en ingeniería de infraestructura energética y redes de carga rápida a escala nacional.
2. BYD (Build Your Dreams): fabricante integrado de vehículos eléctricos, baterías y cargadores, con más de 8,6 millones de unidades vendidas a 2024.
3. Xiaomi Automotive: empresa de tecnología de consumo con integración IoT vehículo-hogar en su plataforma de EV.
4. Tus Park (Parque Tecnológico de la Universidad de Tsinghua): ecosistema de innovación que articula academia, empresa e instituciones públicas bajo el modelo Triple Hélice.

Durante la visita se realizaron entrevistas semiestructuradas a representantes de Power China y BYD. Las preguntas estuvieron orientadas a conocer aspectos relacionados con la movilidad eléctrica, la infraestructura de carga, las tecnologías de almacenamiento de energía, la innovación y la automatización industrial. Este tipo de entrevista permitió abordar temas previamente definidos y, al mismo tiempo, profundizar en información relevante durante el desarrollo de las visitas.

Las visitas incluyeron presentaciones institucionales, recorridos por instalaciones y sesiones de preguntas abiertas en las que el equipo investigador indagó sobre modelos de negocio, estrategias de despliegue tecnológico, estructuras tarifarias y marcos de colaboración institucional. Los aprendizajes fueron sistematizados mediante notas de campo y registros fotográficos. Posteriormente, la información obtenida durante las visitas fue analizada en

conjunto con las entrevistas y las fuentes documentales utilizadas en la investigación, permitiendo complementar y contrastar los hallazgos obtenidos desde diferentes fuentes.

### 6.4 Instrumentos de recolección

Para la recolección de información primaria se aplicaron entrevistas estructuradas y semiestructuradas, según el contexto y la disponibilidad de tiempo de cada empresa: un instrumento más amplio para las empresas nacionales visitadas y un instrumento ajustado a la logística de la Misión Académica EAN China 2026, para las empresas chinas.

#### 6.4.1 Instrumentos de recolección empresas nacionales

Para la recolección de información en empresas nacionales se diseñó una entrevista estructurada orientada a identificar aspectos técnicos, comerciales y operativos relacionados con la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. A través de este instrumento se buscó conocer las características de los servicios ofrecidos, los procesos de implementación, los requerimientos técnicos y las condiciones de operación de las soluciones de carga. La Tabla 2 presenta las dimensiones analizadas y las preguntas formuladas.

**Tabla 2**
*Instrumento de recolección de información para empresas nacionales*

| Dimensión | Pregunta formulada |
|---|---|
| Modelo de negocio | ¿Cómo describiría el modelo de negocio que utilizan para comercializar infraestructura de carga rápida, y qué alternativas comerciales manejan según el tipo de cliente? |
| Segmento y producto | ¿Qué tipos de cargadores ofrecen actualmente y qué diferencias existen entre ellos según el segmento de cliente o uso (residencial y/o comercial)? |
| Equipo — dimensiones | ¿Qué requisitos de espacio, instalación eléctrica y condiciones técnicas debe cumplir un sitio para instalar uno de sus cargadores? |
| Compatibilidad | ¿De qué factores depende la compatibilidad entre un cargador y un vehículo eléctrico? |

| Dimensión | Pregunta formulada |
|---|---|
| Capacidad instalada | ¿Qué factores determinan cuántos cargadores se pueden instalar en un mismo predio, y existen límites técnicos o regulatorios para eso? |
| Proceso comercial | ¿Cuál es el proceso desde que un cliente solicita una cotización hasta que el cargador queda instalado? |
| Costo de instalación | ¿Cuáles son los principales factores que determinan el costo de instalación de un punto de carga? |
| Estructura de pago | ¿Qué modalidades de pago o financiamiento ofrecen para este tipo de proyectos? |
| Tiempo de recarga | ¿Cuál es el tiempo promedio de carga y de qué variables depende (tipo de vehículo, potencia del cargador, capacidad de batería, entre otros)? |
| Siguiente paso | ¿Cuál es el siguiente paso para avanzar en el proceso? |

*Nota. Elaboración propia (2026).*

### 6.4.2 Instrumentos de recolección empresas China

Para la recolección de información en las empresas visitadas durante la Misión Académica EAN China 2026 se diseñó una entrevista semiestructurada orientada a explorar aspectos relacionados con los modelos de negocio, las características de la infraestructura de carga y los requerimientos técnicos asociados a su implementación. El instrumento permitió abordar temas previamente definidos y profundizar en aquellos aspectos que surgieron durante las visitas y entrevistas realizadas. La Tabla 3 presenta las dimensiones analizadas y las preguntas formuladas.

**Tabla 3**

*Instrumento de recolección de información aplicado a las empresas visitadas durante la Misión Académica EAN China 2026*

| Dimensión | Pregunta formulada |
|---|---|
| Modelo de negocio | ¿Cómo describiría el modelo de negocio que utilizan para comercializar infraestructura de carga rápida? |

| Dimensión | Pregunta formulada |
|---|---|
| Segmento y producto | ¿Qué tipos de cargadores ofrecen y para qué uso? |
| Equipo — dimensiones | ¿Qué requisitos de espacio, instalación eléctrica y condiciones técnicas debe cumplir? |
| Compatibilidad | ¿De qué factores depende la compatibilidad entre un cargador y un vehículo eléctrico? |
| Tiempo de recarga | ¿Cuál es el tiempo promedio de carga y de qué variables depende (tipo de vehículo, potencia del cargador, capacidad de batería, entre otros)? |

*Nota. Elaboración propia (2026).*

## 7. Presentación de Resultados

Los resultados de la investigación se presentan a continuación, siguiendo la estructura de los objetivos específicos 2 y 3. El objetivo 1 que se enfoca en la caracterización del ecosistema de innovación chino en movilidad eléctrica fue desarrollado en el Marco Institucional (sección 4.2) y el Marco Conceptual (sección 5), donde se sistematizaron los hallazgos de las cuatro empresas visitadas durante la Misión Académica EAN China 2026. Los resultados se presentan en dos apartados principales, correspondientes al desarrollo de los objetivos específicos 2 y 3.

Los hallazgos descritos a continuación se fundamentan en observación directa durante las visitas empresariales, entrevistas semiestructuradas, notas de campo del equipo investigador y revisión documental de fuentes secundarias. La síntesis de estos resultados constituye la base empírica sobre la que se formula la propuesta de modelo de negocio desarrollada en el siguiente capítulo.

### 7.1 Diagnóstico del Modelo de Innovación Misión Académica EAN China 2026

En este capítulo se diagnostica el modelo de innovación observado durante la Misión Académica EAN China 2026 como caso principal de análisis, identificando los factores críticos

de éxito de la integración tecnológica, gestión energética y modelos de innovación en movilidad eléctrica.

BYD concentra el análisis por ser el mayor fabricante de vehículos eléctricos del mundo por unidades, por la profundidad de su visita durante la Misión Académica EAN China 2026 y por la información obtenida mediante entrevistas semiestructuradas a sus representantes. Power China se incluye como referente complementario en infraestructura a escala, Xiaomi y Tus Park aportan aspectos adicionales sobre IoT, conectividad y ecosistemas de innovación.

### 7.1.1 BYD: integración vertical como ventaja competitiva

BYD (Build Your Dreams) es uno de los principales fabricantes de vehículos eléctricos a nivel mundial. La visita a su campus en Shenzhen permitió identificar que su principal ventaja competitiva radica en la integración vertical de la cadena de valor, desde la producción de baterías y componentes electrónicos hasta el ensamblaje de vehículos y soluciones de carga. Para el contexto colombiano, su experiencia resulta relevante debido a la presencia de modelos como Han EV, Atto 3, Dolphin y Sea Lion, compatibles con la infraestructura de carga propuesta en esta investigación.

Durante la visita también se evidenció el interés de BYD por el desarrollo de soluciones Vehicle-to-Grid (V2G). Este enfoque permite utilizar los vehículos eléctricos como sistemas de almacenamiento distribuido, capaces de aportar energía al sistema eléctrico cuando sea necesario.

### 7.1.2 Power China: infraestructura a escala y alianzas público-privadas

Power China es un conglomerado estatal especializado en el diseño, construcción y operación de infraestructura energética a gran escala, con presencia en más de 100 países. Durante la visita realizada en el marco de la Misión Académica EAN China 2026 se identificó una estrategia orientada al desarrollo de corredores de carga energéticamente integrados, basados en la

combinación de generación fotovoltaica, almacenamiento en baterías y estaciones de carga rápida en corriente continua. Asimismo, la compañía desarrolla proyectos mediante esquemas de alianza público-privada (APP), en los cuales el sector público aporta suelo y condiciones de concesión, mientras que el operador asume la inversión y la implementación de la infraestructura.

Durante el trabajo de campo se evidenció la amplia disponibilidad de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en China. Las estaciones se encuentran distribuidas a lo largo del territorio y pueden ser localizadas mediante aplicaciones de navegación y geolocalización, facilitando los desplazamientos de larga distancia y la planificación de rutas de carga por parte de los usuarios.

Otro aspecto relevante identificado fue la coexistencia entre infraestructura de carga pública y residencial. En China es común la instalación de cargadores domésticos en conjuntos residenciales y viviendas particulares para atender necesidades de carga de menor potencia y mayor duración, mientras que las estaciones públicas están diseñadas para procesos de recarga rápida mediante capacidades eléctricas superiores. Esta complementariedad contribuye al fortalecimiento del ecosistema de movilidad eléctrica.

En el caso colombiano, uno de los aspectos más valiosos observados en Power China fue su metodología para evaluar la capacidad eléctrica disponible antes de instalar infraestructura de carga. Este análisis constituye una referencia metodológica para futuros proyectos de infraestructura de carga en conjuntos residenciales y entornos corporativos de Bogotá.

### 7.1.3 Referencias complementarias: Xiaomi y Tus Park

Las siguientes dos organizaciones, también visitadas durante la Misión Académica EAN China 2026, aportan perspectivas complementarias que enriquecen el diagnóstico sin ser el objeto central del segundo objetivo específico.

#### 7.1.3.1 Xiaomi Automotive — integración IoT vehículo-hogar

Xiaomi fue fundada en 2010 por Lei Jun y su equipo de emprendedores, inicialmente enfocada en teléfonos inteligentes y dispositivos electrónicos; ingresó a la Bolsa de Valores en 2018 y en 2019 fue reconocida entre las principales empresas del mundo por su rápido crecimiento. En 2021 anunció oficialmente su ingreso a la industria automotriz mediante el desarrollo de vehículos eléctricos, y la construcción de su fábrica se realizó en aproximadamente 19 meses, evidenciando una alta capacidad de ejecución y planeación industrial.

Uno de los hallazgos centrales de la visita fue la importancia que Xiaomi otorga a la investigación y desarrollo: la compañía cuenta con aproximadamente 25.000 investigadores e ingenieros y proyecta inversiones de gran magnitud para fortalecer su presencia en la industria automotriz y tecnológica hacia 2030, integrando software, hardware e inteligencia artificial como ejes transversales de su operación.

Durante el recorrido se evidenció también un elevado nivel de automatización en la planta de producción: robots de transporte, brazos robóticos de ensamblaje, sistemas automatizados de soldadura y equipos robotizados de inspección y control de calidad digital (mediante láser y sensores), capaces de detectar desviaciones mínimas durante el proceso productivo. Este nivel de automatización, junto con la inversión intensiva en I+D y la integración software-hardware-IA, constituye la base del modelo de innovación de Xiaomi y explica su rápido ingreso a la industria automotriz.

Xiaomi exhibió en su campus de Beijing la convergencia entre vehículo eléctrico, hogar inteligente y dispositivos móviles en su plataforma SU7. A diferencia de BYD y Power China, Xiaomi no opera una red propia de estaciones de carga pública: su ventaja está en una arquitectura de 800V compatible con cargadores rápidos de terceros y en soluciones de carga

doméstica automatizada, coherentes con el alto nivel de automatización observado también en su planta de producción.

El factor transferible al contexto colombiano es la experiencia de usuario integrada: la carga del vehículo gestionada desde la misma aplicación del hogar. Este modelo anticipa la dirección del mercado residencial de alto ingreso en Bogotá en el horizonte 2027-2030.

#### 7.1.3.2 Tus Park — modelo triple hélice universidad-empresa-Estado

Durante la visita técnica y la entrevista realizada en Tus Park se identificaron varios elementos que configuran su modelo de innovación e incubación empresarial. La información recopilada evidencia una articulación estrecha entre universidad, empresa, gobierno y capital de inversión, lo que conlleva al desarrollo y escalamiento de proyectos tecnológicos — el clásico modelo Triple Hélice, pero con un componente financiero integrado.

Los representantes de Tus Park explicaron que el parque tecnológico tuvo su origen en la Universidad de Tsinghua, y que su evolución ha estado ligada al fortalecimiento de mecanismos de innovación, financiamiento e internacionalización. Actualmente la organización tiene presencia internacional y desarrolla actividades de cooperación con múltiples países.

Tus Park orienta sus esfuerzos hacia sectores considerados estratégicos para el desarrollo económico y tecnológico de largo plazo, seleccionados según su potencial de impacto económico y social a futuro: medio ambiente, energías limpias, inteligencia artificial, robótica, tecnologías digitales, semiconductores y chips, equipos médicos, y tratamiento de residuos sólidos.

Durante la entrevista se identificaron dos principios fundamentales que orientan el modelo de innovación de Tus Park. El primero es priorizar tecnologías con aplicaciones reales y transferibles al mercado: la innovación debe traducirse en productos, procesos o servicios tangibles que resuelvan problemas concretos, no quedarse en el plano experimental. El segundo es la

generación de tecnologías que contribuyan al bienestar humano, especialmente en sostenibilidad ambiental, salud y calidad de vida.

La universidad es uno de los actores centrales del ecosistema observado. Mantener vínculos permanentes con instituciones académicas nacionales e internacionales facilita la transferencia tecnológica, la investigación aplicada y la formación de talento humano, y las universidades funcionan como fuente permanente de conocimiento e innovación para el desarrollo de nuevos emprendimientos tecnológicos.

Este rol es análogo al que la Universidad EAN puede desempeñar en el ecosistema bogotano: articular este proyecto con actores empresariales e institucionales para escalar el Charging Aggregator más allá del piloto inicial.

### 7.1.4 Análisis entrevistas semiestructuradas

Como parte del proceso de recolección de información se aplicaron dos entrevistas semiestructuradas a actores vinculados con el ecosistema de movilidad eléctrica e infraestructura de carga. Las entrevistas fueron realizadas a Olivia Wu, gerente comercial para Colombia BYD, y a Billy Yi, Business Manager de Power China.

Este instrumento tuvo como propósito recopilar información de fuente primaria relacionada con las características técnicas de las soluciones de carga, los modelos de negocio, la infraestructura disponible, los tiempos de recarga, los costos y las alternativas de implementación utilizadas en el contexto chino.

Las respuestas obtenidas fueron organizadas por dimensiones temáticas con el fin de facilitar su análisis e identificar los principales hallazgos derivados de cada entrevista. Posteriormente, estos resultados fueron contrastados con otras fuentes de información utilizadas en la investigación, con el propósito de reconocer prácticas, características y experiencias que puedan

aportar al análisis de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos y a su potencial aplicación en el contexto colombiano.

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos mediante las entrevistas semiestructuradas y su respectivo análisis.

**Hallazgos entrevista a BYD**

La entrevista realizada a Olivia Wu, gerente comercial para Colombia de BYD, permitió identificar aspectos relevantes relacionados con la tecnología de baterías, los tiempos de recarga, la integración tecnológica y los procesos de fabricación de la compañía. Las preguntas formuladas y las respuestas obtenidas se presentan en el Anexo A.

Uno de los principales hallazgos corresponde al desarrollo de baterías de litio-ferrofosfato (LFP) de producción propia. De acuerdo con la información suministrada por la entrevistada, BYD no integra baterías de terceros, lo que evidencia un alto nivel de integración vertical sobre uno de los componentes estratégicos del vehículo eléctrico. Este control sobre la tecnología contribuye a que la empresa mantenga mayor trazabilidad sobre el desempeño, la seguridad y la evolución de sus sistemas de almacenamiento energético.

En relación con los tiempos de recarga, la entrevistada indicó que las generaciones anteriores de vehículos requieren, en promedio, entre 30 minutos y una hora para completar la carga, mientras que las tecnologías de nueva generación pueden alcanzar tiempos considerablemente menores. Asimismo, señaló que las condiciones de temperatura ambiental pueden modificar el tiempo requerido para la recarga. Este hallazgo evidencia que el desempeño de la infraestructura no depende únicamente de la capacidad nominal del cargador, sino también de las características tecnológicas del vehículo, la batería y las condiciones de operación.

Adicionalmente, se identificó que la capacidad y el desempeño de la batería están determinados principalmente por el hardware instalado en cada modelo y no pueden ser

modificados. Desde la dimensión de infraestructura, implica que la evolución tecnológica de los vehículos puede generar nuevas necesidades de potencia y velocidad de carga, por lo que las estaciones deberían considerar criterios de escalabilidad y adaptación frente a futuras generaciones de vehículos eléctricos.

Otro resultado relevante se relaciona con la estrategia de posventa. Según la entrevistada, la garantía del sistema de almacenamiento se mantiene siempre que las intervenciones o sustituciones se realicen a través de los canales autorizados por la compañía. Este esquema logra mantener trazabilidad sobre los componentes y controlar las condiciones técnicas de las intervenciones, aspecto especialmente importante en tecnologías asociadas con baterías de alta capacidad y sistemas eléctricos.

Adicionalmente, la entrevista aportó información sobre los procesos operativos de BYD. De acuerdo con lo indicado por la entrevistada, determinados procesos de fabricación presentan niveles de automatización entre el 90 % y el 100 %, dependiendo de la etapa productiva. Sin embargo, la fabricación de baterías continúa requiriendo una participación significativa de personal especializado, incluso dentro de procesos altamente robotizados.

Este último hallazgo demuestra que la automatización tecnológica no elimina la necesidad de capacidades humanas especializadas. Por el contrario, el desarrollo del ecosistema de movilidad eléctrica requiere talento técnico con conocimientos en almacenamiento energético, electrónica, sistemas eléctricos, mantenimiento, diagnóstico y seguridad de baterías.

En conjunto, los resultados de la entrevista muestran que la ventaja competitiva de BYD no se limita al desarrollo del vehículo eléctrico, sino que se sustenta en la integración entre tecnología propia, control de componentes estratégicos, automatización de los procesos productivos y gestión especializada del servicio posventa. Para el contexto colombiano, estos resultados sugieren que el desarrollo de infraestructura de carga debe considerar no solo la

instalación de cargadores, sino también la evolución tecnológica de las baterías, la compatibilidad de los vehículos, la escalabilidad de la infraestructura y la disponibilidad de talento humano especializado para su operación y mantenimiento.

**Hallazgos entrevista Power China**

La entrevista realizada a Billy Yi, Business Manager de Power China, permitió identificar aspectos clave relacionados con los modelos de participación empresarial, los tipos de infraestructura de carga, los requerimientos técnicos, la compatibilidad entre vehículos eléctricos y los tiempos de recarga. Las preguntas aplicadas y las respuestas obtenidas se presentan en el Anexo B.

Uno de los principales hallazgos corresponde a la flexibilidad del modelo de participación de Power China en proyectos de infraestructura de carga. Según el entrevistado, la empresa puede intervenir mediante la construcción de infraestructura, la asociación con fabricantes, la inversión en estaciones o la adquisición de equipos, participando incluso en los ingresos generados. Este enfoque evidencia que el desarrollo de estaciones de carga no depende exclusivamente de la compra directa de equipos, sino que puede estructurarse mediante alianzas estratégicas que distribuyen responsabilidades técnicas y financieras. En el contexto colombiano, este modelo representa una alternativa importante para reducir las barreras de inversión inicial y facilitar la implementación progresiva de infraestructura.

En cuanto a los tipos de soluciones, se identificaron dos principales: cargadores domiciliarios de menor potencia y cargadores rápidos o supercargadores para uso público. Esta diferenciación muestra que las necesidades de carga varían según el contexto y el tiempo disponible, por lo que no existe una única solución aplicable a todos los usuarios. En este sentido, se plantea un ecosistema complementario donde la carga residencial cubre necesidades cotidianas y la carga

rápida atiende usuarios que requieren mayor velocidad, lo cual podría ser especialmente útil en la planificación de Bogotá.

Respecto a los requerimientos técnicos, se evidencian diferencias significativas en la capacidad eléctrica, ya que los sistemas domiciliarios operan alrededor de 400 V, mientras que las estaciones de carga rápida pueden alcanzar entre 800 y 1200 V. Esto implica que la implementación de infraestructura de alta potencia requiere evaluar previamente la capacidad de la red eléctrica, el dimensionamiento del cableado y la demanda esperada, aspectos fundamentales para su viabilidad en entornos urbanos.

Adicionalmente, se identificó que las estaciones pueden implementarse de forma progresiva, con configuraciones iniciales de entre 10 y 20 puntos de carga, ajustando la infraestructura según la demanda real y ampliarla posteriormente. Este enfoque escalable resulta relevante para optimizar la inversión y evitar sobredimensionamientos en etapas tempranas del proyecto.

Otro hallazgo importante es la compatibilidad de la infraestructura con vehículos de diferentes marcas, lo que favorece la interoperabilidad y reduce la dependencia de sistemas cerrados. Para el contexto colombiano, este aspecto es clave, ya que una red compatible con múltiples fabricantes puede aumentar la utilización de las estaciones y mejorar la eficiencia del sistema de carga.

Finalmente, en relación con los tiempos de recarga, se evidenció que un cargador domiciliario puede tardar aproximadamente ocho horas, mientras que un cargador rápido puede reducir este tiempo a cerca de 30 minutos. Esta diferencia refleja la relación directa entre potencia eléctrica y velocidad de carga, lo que implica que la elección del tipo de infraestructura debe basarse en la capacidad de la red y la demanda del usuario.

En conjunto, los resultados muestran que la experiencia de Power China se basa en modelos flexibles de inversión, soluciones de carga adaptadas a distintos usuarios, infraestructura

escalable e interoperable y diferentes niveles de potencia según la necesidad. Para Colombia, estos hallazgos sugieren que la planificación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Bogotá debe considerar la capacidad eléctrica disponible, la demanda proyectada y esquemas de asociación que permitan reducir riesgos técnicos y financieros.

### 7.2 Diagnóstico del Modelo de estaciones de carga en Colombia

La segunda fase de recolección de información comprendió tres fuentes primarias y de benchmarking en el mercado local colombiano: una entrevista estructurada con un experto de Enel X Colombia, un ejercicio de análisis comparativo sobre el modelo de expansión de Terpel Carga Eléctrica, y el estudio del modelo de integración MEP de Fleischmann Colombia como proveedor de infraestructura de carga para flotas eléctricas corporativas. Estas fuentes permitieron contrastar los hallazgos de la Misión Académica China con la realidad operativa, regulatoria y comercial del mercado bogotano, y constituyeron el insumo comparativo central para el diseño del modelo propuesto en el OE3.

#### 7.2.1 Enel X Colombia

Se realizó una entrevista estructurada a Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia, con el propósito de caracterizar el modelo comercial de la empresa para la instalación de cargadores en edificios residenciales. La entrevista fue conducida en modalidad telefónica, grabada con el consentimiento del informante y procesada mediante TurboScribe para obtener la transcripción literal, la cual fue utilizada como insumo primario de análisis.

Enel X Colombia opera exclusivamente bajo un modelo de venta directa del cargador al cliente final, sin adoptar el esquema de Charging as a Service (CaaS) que caracteriza a varios actores del mercado chino. Bajo este modelo, la compañía no retiene la propiedad del equipo ni percibe ingresos por sesión de carga: su rol se limita a la comercialización del hardware, la ejecución de la visita técnica, la derivación eléctrica y la puesta en marcha del equipo. Una vez instalado, el

consumo de energía se integra al medidor general del conjunto residencial; es la administración del edificio quien fija y cobra la tarifa a los residentes propietarios del vehículo.

El portafolio de producto está orientado al segmento residencial y de conjuntos cerrados. Los equipos comercializados son cargadores domésticos de corriente alterna (CA) de 7,2 kW, con una sola manguera, capaces de atender un vehículo por vez. El Tipo 1 tiene un precio de $1.948.019 y el Tipo 2 Cubis Box de $2.365.843. El Cubis Box presenta dimensiones compactas (469 mm × 173 mm × 147 mm, 6,8 kg), instalación mural y un perfil discreto comparable al de un electrodoméstico de gama media. El tipo de conector requerido no depende de la batería sino de la elección del concesionario en el momento de venta del vehículo; el Tipo 2 es el estándar más frecuente en el mercado colombiano a 2026.

La viabilidad técnica de la instalación en un conjunto residencial está condicionada por la capacidad eléctrica disponible en la subestación del edificio. Para determinarla, Enel X ofrece un estudio de cargabilidad a un costo de $5.546.971, el cual analiza la potencia total instalada, la demanda máxima actual y los kW disponibles para nuevas cargas. El requisito mínimo es de 9 kW por punto de carga medido desde el medidor individual. Este estudio es un proceso separado de la cotización del equipo y puede solicitarse de manera independiente.

El proceso comercial sigue una secuencia de tres etapas: (1) visita técnica gratuita, en la que un técnico evalúa el punto de instalación propuesto y remite la cotización por correo electrónico; (2) estudio de cargabilidad, si se requiere determinar la capacidad instalada del edificio; y (3) instalación del equipo, una vez aceptada formalmente la cotización. El pago se realiza en un único desembolso, un mes después de ejecutada la instalación, mediante la plataforma web de Enel, en una factura separada del servicio de energía eléctrica. La empresa no ofrece esquemas de financiamiento directo ni cuotas. El costo de instalación no tiene tarifa estándar; depende de la complejidad de cada punto (distancia al tablero eléctrico, tipo de muro, necesidad de

canalización). El investigador estimó un valor referencial de aproximadamente $3.000.000 por punto, cifra que el informante validó como plausible, aunque con alta variabilidad.

Con el cargador Tipo 2 de 7,2 kW, el tiempo de carga oscila entre 4 y 7 horas, dependiendo de la capacidad de la batería del vehículo y el nivel de descarga al inicio de la sesión. Esta característica es relevante para el análisis del OE3: los cargadores de CA de nivel 2 son adecuados para contextos residenciales nocturnos, pero insuficientes para aplicaciones de carga rápida (DC Fast Charging) en contextos de alta rotación de flota.

#### 7.2.1.1 Desarrollo del instrumento de evaluación

Con el propósito de sistematizar la información obtenida durante la entrevista realizada a Enel X Colombia, se organizaron las preguntas y respuestas en dimensiones temáticas que permitieran analizar de manera estructurada los aspectos comerciales, técnicos y operativos relacionados con la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. En la Tabla 4 se presenta el instrumento aplicado y los principales hallazgos obtenidos durante la entrevista.

**Tabla 4**
*Resultados de entrevista estructurada aplicada a Enel X Colombia*

| Dimensión temática | Pregunta formulada | Respuesta / hallazgo — Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia |
|---|---|---|
| Modelo de negocio | ¿Cuál es el modelo de Enel X: Charging as a Service o venta del cargador? | Exclusivamente venta del cargador. Enel X gestiona: puesta en marcha, derivación eléctrica e instalación del equipo. El consumo de energía llega en la factura del medidor del conjunto; la administración fija la tarifa a residentes. |
| Segmento y producto | ¿Qué tipo de cargadores manejan y para qué uso? | Cargadores domésticos de 7,2 kW, una sola manguera (un vehículo a la vez). Tipo 1: $1.948.019. Tipo 2 Cubis Box: $2.365.843. No son electrolineras de centros comerciales; son equipos residenciales de pared. |
| Equipo — dimensiones | ¿Qué espacio ocupa el cargador Cubis Box? | 469 mm × 173 mm × 147 mm. Peso: 6,8 kg. Instalación mural. Compacto y discreto, comparable a un electrodoméstico pequeño. |

| Dimensión temática | Pregunta formulada | Respuesta / hallazgo — Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia |
|---|---|---|
| Compatibilidad | ¿El tipo de cargador depende de la batería o del vehículo? | Depende de la marca del vehículo y el tipo de conector que eligió el concesionario. El Tipo 2 es el más común. Pueden instalarse varios Tipo 2 en el mismo conjunto. |
| Capacidad instalada | ¿Cuántos cargadores puede instalar el conjunto? ¿Hay límite? | Se determina con el estudio de cargabilidad $5.546.971: analiza la subestación del edificio (kW totales, consumo actual, kW disponibles). Mínimo requerido por cargador: 9 kW desde el medidor. |
| Proceso comercial | ¿Cómo funciona el proceso de cotización e instalación? | (1) Visita técnica gratuita: técnico evalúa punto de instalación y envía cotización por correo. (2) Estudio de cargabilidad: proceso separado, solicitado por la misma línea. (3) Aceptada la cotización → instalación. |
| Costo de instalación | ¿Existe un promedio de instalación por punto? | No hay precio estándar; depende de cada ubicación. El investigador estimó ~$3.000.000 / punto. Gerson confirmó alta variabilidad; solo la visita técnica permite precisar el valor. |
| Estructura de pago | ¿Cómo se estructura el pago del proyecto? | Pago único, un mes después de la instalación, mediante la página web de Enel. Factura independiente del servicio de energía. Sin financiamiento directo. |
| Tiempo de recarga | ¿Cuál es el tiempo promedio de carga? | Entre 4 y 7 horas. Depende de la capacidad de la batería y el nivel de descarga al inicio de la sesión. |
| Siguiente paso | ¿Cuál es el siguiente paso para avanzar en el proceso? | Contactar la línea de movilidad eléctrica Enel Colombia, suministrar dirección y datos del solicitante. Enel coordina la fecha de la visita técnica. |

*Nota. Entrevista telefónica a Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia. Investigador: Duilio J. Centanaro Herrera. Transcripción mediante TurboScribe. Universidad EAN, Misión Académica EAN China 2026.*

### 7.2.2 Terpel Carga Eléctrica

El segundo ejercicio correspondió a un benchmarking del modelo de expansión de Terpel Carga Eléctrica, operador de la red de carga vehicular eléctrica más extensa de Colombia, con más de 50 puntos activos distribuidos en 43 estaciones de servicio a 2026. La información fue recolectada a través de fuentes secundarias —sitio web corporativo, comunicados de prensa y

reportes sectoriales— y constituyó un referente local del modelo de operador de red de acceso público (network operator).

El modelo de Terpel se distingue por la integración de puntos de carga en la infraestructura existente de estaciones de combustible, lo que elimina la necesidad de desarrollar nuevos predios o construir infraestructura civil desde cero. Esta estrategia reduce significativamente el CAPEX de despliegue y aprovecha la afluencia de clientes ya establecida en cada estación. En términos de tecnología, Terpel opera una combinación de cargadores de corriente continua (DC) de alta potencia en las estaciones ancla y cargadores de corriente alterna (AC) en puntos complementarios, con gestión remota centralizada de toda la red.

La oferta de Terpel se segmenta en dos líneas diferenciadas. La primera, orientada al usuario final (B2C), se gestiona íntegramente a través de la aplicación Terpel: el conductor descarga la app, se registra, localiza el punto de carga más cercano, inicia la sesión y paga por aplicación, sin necesidad de interacción con el personal de la estación. Este modelo de autogestión digital elimina la fricción operativa y habilita la escalabilidad sin incremento proporcional de costos de atención. La segunda línea, corporativa (B2B), está dirigida a empresas con flotas de vehículos eléctricos: ofrece condiciones de acceso preferencial, facturación unificada por período y reportería de consumo por vehículo o conductor, lo que facilita la gestión del gasto energético de la flota.

La cobertura nacional diferencia a Terpel de los operadores residenciales como Enel X. Su estrategia de despliegue sigue la red de distribución de combustibles líquidos, lo que le otorga presencia en ciudades intermedias y corredores viales donde la demanda de carga en ruta es creciente y la oferta de carga pública es escasa. Esta capilaridad territorial, combinada con la marca de alto reconocimiento de Terpel en el sector energético colombiano, genera una ventaja competitiva difícil de replicar a corto plazo por operadores emergentes.

El análisis de Terpel permitió identificar tres factores críticos de éxito con potencial de replicabilidad en el modelo propuesto: (1) la integración con infraestructura existente como vector de reducción de CAPEX; (2) la digitalización del proceso de pago y acceso mediante aplicación móvil como habilitador de escalabilidad operativa; y (3) la segmentación diferenciada por tipo de cliente (B2C y B2B) como mecanismo de optimización del ingreso por punto instalado. El modelo Terpel que el presente proyecto denomina operador de red de acceso público es complementario, y no competidor, del Charging Aggregator propuesto en el OE3: Terpel opera en estaciones de servicio en vía pública; el modelo propuesto opera en edificios residenciales, corporativos y parqueaderos urbanos.

#### 7.2.2.1 Desarrollo del instrumento de evaluación

Con el propósito de sistematizar la información recopilada durante el ejercicio de benchmarking realizado a Terpel Carga Eléctrica, los hallazgos fueron organizados en dimensiones de análisis que permitieran identificar las principales características de su modelo de negocio, estrategia de despliegue, cobertura, segmentación de clientes, tecnología utilizada y estructura de ingresos, entre otros. La Tabla 5 presenta los resultados de este análisis.

**Tabla 5**
*Resultados del benchmarking realizado a Terpel Carga Eléctrica*

| Dimensión analizada | Hallazgo / característica |
|---|---|
| Modelo de despliegue | Integración de puntos de carga en infraestructura existente de estaciones de servicio: reduce CAPEX en obra civil y aprovecha la afluencia de clientes establecida. Sin necesidad de desarrollar nuevos predios. |
| Cobertura y escala | Más de 50 puntos activos en 43 estaciones a nivel nacional (2026). Presencia en ciudades intermedias y corredores viales estratégicos, aprovechando la red de distribución de combustibles. |
| Segmentación B2C | Servicio al usuario final gestionado 100 % desde la aplicación Terpel: registro, localización de puntos activos, inicio y pago de sesión de carga por aplicación móvil. Elimina fricción operativa. |
| Segmentación B2B | Oferta corporativa para empresas con flotas de vehículos eléctricos: condiciones de acceso preferencial, facturación unificada, reportería de consumo. Diferenciación del portafolio por perfil de cliente. |

| Dimensión analizada | Hallazgo / característica |
|---|---|
| Tecnología y protocolo | Cargadores de corriente continua (DC) de alta potencia en estaciones ancla y corriente alterna (AC) en puntos complementarios. Gestión remota de la red mediante plataforma de monitoreo centralizado. |
| Modelo de ingreso | Cobro por sesión o por kWh, liquidado a través de la aplicación. La tarifa es fijada por Terpel y varía según la ubicación y tipo de cargador. El operador de la estación recibe un porcentaje de la transacción. |
| Referente para OE3 | El modelo Terpel representa el arquetipo de operador de red de acceso público. Es complementario —no competidor— del Charging Aggregator propuesto: Terpel opera en estaciones de servicio; el modelo propuesto opera en edificios y parqueaderos urbanos. |

*Nota. Elaboración propia con base en fuentes secundarias públicas, incluyendo el sitio web corporativo de Terpel y comunicados de prensa del sector. Investigador: Duilio J. Centanaro Herrera. Universidad EAN, Misión Académica EAN China 2026.*

### 7.2.3 Fleischmann Colombia — integrador MEP para flotas eléctricas corporativas

El tercer ejercicio analizó el modelo de integración de infraestructura eléctrica de Fleischmann Colombia (fleischmannco.com), empresa de ingeniería MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería) con 15 años de operación en Bogotá y reconocida como proveedor activo de estaciones de carga eléctrica para la flota de última milla de MercadoLibre Colombia. La información fue obtenida a través del sitio web corporativo y del conocimiento directo del investigador como colaborador de MercadoLibre.

Limitación metodológica: a diferencia de los casos de Power China, BYD, Xiaomi, Tus Park y Enel X —documentados mediante entrevistas semiestructuradas o estructuradas, presenciales o telefónicas, realizadas de manera independiente por el equipo investigador—, el caso Fleischmann se construyó a partir de información pública de su sitio web corporativo y del conocimiento directo de uno de los autores como colaborador de MercadoLibre Colombia, empresa cliente de Fleischmann. No se realizó una entrevista formal e independiente a un representante de la compañía. Este caso se incluye como referencia de benchmarking

complementaria y no debe ponderarse con el mismo nivel de evidencia primaria que los demás casos analizados.

Fleischmann se especializa en el diseño y ejecución de redes eléctricas de media y baja tensión bajo cumplimiento del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y el RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público), con metodología BIM integrada. Su portafolio de especialidades eléctricas incluye subestaciones encapsuladas y tipo Pad Mounted, celdas de media tensión en aislamiento en aire (AIS) y en gas (SF6), redes de distribución en baja tensión, sistemas de respaldo con grupos electrógenos, transferencias automáticas y tableros de acometida y distribución. Proyectos de referencia ejecutados incluyen el Metro de Bogotá, tres sedes de IKEA (Mall Plaza NQS, Mall Plaza Cali y Viva Envigado), HyM en tiendas a nivel nacional, Connecta 80, el Centro de la Felicidad Chapinero y el Centro de Distribución Future (CEDI), este último en el sector logístico directamente relacionado con el contexto de MercadoLibre.

El vínculo de Fleischmann con la movilidad eléctrica se materializa en su rol como integrador EPC (Engineering, Procurement y Construction) para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos de la flota de última milla de MercadoLibre Colombia. Este contrato la posiciona en un segmento específico y de alto crecimiento: la carga eléctrica para flotas logísticas corporativas, distinto al segmento residencial (Enel X) y al de acceso público en vía (Terpel). En este modelo, Fleischmann diseña, suministra e instala toda la infraestructura eléctrica habilitante (la «autopista eléctrica»). Esto permite la operación de los puntos de carga sin que Fleischmann sea operador de red ni proveedor del hardware del cargador.

Lo que distingue al modelo Fleischmann en el análisis comparativo es su enfoque en proyectos de alta complejidad eléctrica con múltiples cargadores simultáneos, carga en media tensión y requerimientos de continuidad operativa propios de la logística de última milla. Una flota

de vehículos eléctricos de reparto puede requerir decenas de puntos de carga que operen simultáneamente durante ventanas nocturnas, lo que exige una infraestructura eléctrica significativamente más robusta que la necesaria para conjuntos residenciales. Este nivel de complejidad justifica la intervención de un integrador MEP especializado como Fleischmann, en lugar de un instalador residencial estándar.

Desde la perspectiva del OE3, el modelo Fleischmann ilustra el perfil del socio técnico idóneo para la línea B2B del Charging Aggregator propuesto: un integrador MEP capaz de ejecutar la infraestructura eléctrica compleja requerida en parqueaderos corporativos y centros de distribución, sin que el operador del agregador deba asumir directamente ese CAPEX ni esa capacidad técnica especializada. La articulación entre el agregador (rol comercial y tecnológico) y un integrador MEP como Fleischmann (rol de ingeniería y obra) constituye un modelo de alianza estratégica replicable en el contexto bogotano.

#### 7.2.3.1 Desarrollo del instrumento de evaluación

Con el propósito de sistematizar la información recopilada durante el análisis de Fleischmann Colombia, los hallazgos fueron organizados en dimensiones de análisis para identificar las características principales de la empresa, su experiencia en movilidad eléctrica, capacidades técnicas, modelo de negocio y potencial contribución al desarrollo de proyectos de infraestructura de carga para vehículos eléctricos. La Tabla 6 presenta los resultados del análisis realizado.

**Tabla 6**

*Resultados del análisis de Fleischmann Colombia como integrador de infraestructura de carga para vehículos eléctricos*

| Dimensión analizada | Hallazgo / característica |
|---|---|
| Perfil de la empresa | Fleischmann Colombia es una empresa de ingeniería MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería) con 15 años de operación en Bogotá, especializada en diseño y ejecución de infraestructura eléctrica de media y baja tensión bajo normativa RETIE/RETILAP, con metodología BIM (fleischmannco.com). |

| Dimensión analizada | Hallazgo / característica |
|---|---|
| Vínculo con movilidad eléctrica | Fleischmann es proveedor activo de estaciones de carga eléctrica para la flota de última milla de MercadoLibre Colombia (vehículos eléctricos de reparto). Este contrato posiciona a la empresa como integrador B2B de infraestructura de carga para operadores logísticos de gran escala, un segmento distinto al residencial o al de acceso público. |
| Modelo de negocio | Diseño, suministro e instalación de infraestructura eléctrica completa: subestaciones, redes de media y baja tensión, tableros, acometidas y puesta en marcha de los cargadores. Opera como EPC (Engineering, Procurement y Construction), no como operador de red ni como proveedor del hardware del cargador. |
| Capacidades técnicas relevantes | Instalación de celdas de media tensión AIS y SF6; subestaciones tipo Pad Mounted y encapsuladas; grupos electrógenos con transferencia automática; integración BMS; eficiencia energética. Proyectos de referencia: Metro de Bogotá, IKEA (3 sedes), HyM (nivel nacional), Connecta 80, Centro de la Felicidad Chapinero, CEDI Future. |
| Perfil de cliente atendido | Retail (IKEA, HyM), corporativo (Connecta, edificios de oficinas), infraestructura pública (Metro de Bogotá, Consejo Superior de la Judicatura) y logística (MercadoLibre). Portafolio multisectorial con escalabilidad probada en proyectos de alta complejidad. |
| Diferenciación frente a Enel X y Terpel | Fleischmann no comercializa el cargador ni opera la red; ejecuta la infraestructura eléctrica habilitante (la "autopista") e instala en cualquier cargador. Este rol de integrador MEP es el eslabón de la cadena que conecta la subestación del edificio con el punto de carga, y es crítico en proyectos con alta demanda eléctrica como flotas corporativas. |
| Referente para OE3 | El modelo Fleischmann ilustra el perfil del socio técnico que el Charging Aggregator propuesto necesitaría para proyectos B2B con flotas eléctricas: un integrador MEP capaz de ejecutar la infraestructura eléctrica compleja sin que el operador del agregador deba asumir ese CAPEX ni esa capacidad técnica directamente. |

*Nota. Elaboración propia con base en información pública del sitio web corporativo de Fleischmann Colombia (fleischmannco.com) y conocimiento del investigador Duilio J. Centanaro Herrera como colaborador de MercadoLibre Colombia (2026).*

## 8. Propuesta de Modelo de Negocio: Agregador de carga urbana

Los hallazgos obtenidos durante la misión académica y el análisis realizado en el contexto colombiano permitieron identificar una oportunidad de innovación concreta. A partir de estos resultados se propone un modelo de negocio denominado Charging Aggregator, adaptado a las condiciones del mercado bogotano.

El modelo integra los aprendizajes de Power China en gestión de infraestructura a escala, y de BYD en integración tecnológica, adaptándolos a las condiciones regulatorias, financieras y de demanda del mercado colombiano. La arquitectura propuesta opera bajo un esquema Zero-CAPEX para las copropiedades, con ingresos basados en el cobro por kWh consumido y gestión remota mediante el protocolo OCPP 2.0.

A continuación, se presenta el desarrollo integral del modelo, que comprende el análisis de viabilidad financiera, la estructura de costos CAPEX y OPEX, las proyecciones de ingresos, los indicadores financieros VPN, TIR y payback, y el plan de implementación del primer piloto del modelo Charging Aggregator en Bogotá.

## 8.1 Formulación de la oportunidad de innovación Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá

El presente capítulo responde al tercer objetivo específico mediante la formulación de una oportunidad de innovación concreta, viable y fundamentada en la experiencia de la Misión Académica EAN China 2026. La Misión permitió observar, de primera mano, la convergencia que existe en China entre gobierno, universidad e industria para escalar ecosistemas de movilidad eléctrica a una velocidad sin precedentes. Este capítulo sintetiza esa convergencia en un modelo de negocio denominado Charging Aggregator para copropiedades horizontales, estructurado en seis secciones: (a) diagnóstico y formulación HMW; (b) fundamentos teóricos; (c) arquitectura funcional; (d) modelo Zero-CAPEX y tarifa; (e) Programa valet universitario; y (f) matriz de transferencia tecnológica China–Bogotá.

## 8.2 Diagnóstico del problema y formulación HMW

El crecimiento de la adopción de vehículos eléctricos (VE) en Bogotá, que alcanzó un 67 % en 2023 según ANDEMOS (2024), no ha estado acompañado por un despliegue equivalente de infraestructura de carga en el segmento residencial colectivo. La entrevista realizada a Gerson

Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia (comunicación personal, 18 de junio de 2026), confirmó que los cargadores de corriente alterna (AC) de 7,2 kW disponibles en el mercado, como el Cubis Box con conector Tipo 2, se instalan en conjuntos residenciales; sin embargo, la energía consumida se factura al medidor principal del edificio, sin discriminación por residente, sin un sistema de cobro individual y sin mecanismos para la gestión de la rotación de vehículos.

Si bien la Resolución 1680800 de 2025 define las condiciones técnicas para la implementación y operación de infraestructura de carga de vehículos eléctricos, el mercado colombiano aún carece de un operador especializado que articule en una misma propuesta de valor el financiamiento de la infraestructura, la gestión de la demanda energética, la facturación individualizada por kWh y la prestación integral del servicio en conjuntos residenciales.

A partir de este diagnóstico y de los aprendizajes de la misión académica EAN 2026, el equipo investigador formula la siguiente pregunta de innovación: ¿Cómo podríamos diseñar un modelo de negocio de carga eléctrica para conjuntos residenciales de Bogotá, inspirado en aprendizajes transferibles del ecosistema chino de movilidad eléctrica, que elimine las barreras de inversión inicial, permita la gestión inteligente de la energía y garantice condiciones de viabilidad financiera y escalabilidad en el contexto colombiano?

## 8.3 Fundamentos teóricos del modelo

### 8.3.1 Charging as a Service (CaaS) y modelo Zero-CAPEX

El modelo Charging as a Service (CaaS) es una evolución de los servicios gestionados aplicado a la infraestructura de carga: el operador asume el CAPEX en equipos e instalaciones y recupera esa inversión mediante una tarifa por kWh entregado. El concepto Zero-CAPEX para la copropiedad es la expresión local: la administración del conjunto no eroga capital inicial, sino que cede el derecho de operación de parqueaderos disponibles al operador a cambio de un

porcentaje del ingreso tarifario. Esta estructura es análoga al modelo Set y Charge de Enel X (s. f.-b) y a su portafolio de soluciones para movilidad eléctrica empresarial (Enel X, 2024), con la diferencia fundamental de que Enel X lo orienta a establecimientos comerciales, mientras que el Charging Aggregator lo adapta al contexto residencial añadiendo gestión digital, facturación desagregada y administración del sistema.

### 8.3.2 Triple Hélice y parques de innovación

Etzkowitz y Leydesdorff (2000) desarrollaron el modelo de Triple Hélice para describir la interacción entre universidad, industria y gobierno como motor de la innovación. Tus Park (Misión Académica EAN, Día 6) ofreció su expresión empírica más avanzada. El Charging Aggregator adopta este principio en el Programa valet universitario: estudiantes de la universidad participan como operadores de la rotación nocturna de vehículos, generando simultáneamente valor para el ecosistema (mayor utilización de cargadores), valor académico (práctica profesional) y valor social (empleo de calidad para jóvenes universitarios).

### 8.3.3 Economías de plataforma (two-sided markets)

El Charging Aggregator se concibe como una plataforma de economía de dos lados (Rochet y Tirole, 2003): por un lado, los conjuntos residenciales que aportan parqueaderos e infraestructura; por el otro, los propietarios de VE que demandan un servicio de carga gestionado. La plataforma captura valor de ambos lados: retorno al conjunto (8 % de la tarifa regulada) y fee de gestión recuperado vía kWh (49,6 % de la tarifa al usuario).

## 8.4 Arquitectura funcional del Charging Aggregator

### 8.4.1 Capa de infraestructura física

La capa física comprende cargadores AC de 7.2 kW, conector Tipo 2 (IEC 62196-2), modelo Cubis Box de Enel X o equivalente certificado bajo RETIE. La selección de AC Tipo 2 de 7.2 kW —en lugar de cargadores DC rápidos de 50 kW o más— obedece a: (a) compatibilidad con la

capacidad eléctrica instalada en conjuntos estrato 4 sin subestación adicional; (b) costo de adquisición e instalación significativamente inferior; y (c) adecuación al perfil de uso nocturno de los residentes, que disponen de 6-8 horas de estacionamiento continuo. Según Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia (comunicación personal, 18 de junio de 2026), el cargador Tipo 2 Cubis Box cuesta $2.365.843, con dimensiones 469×173×147 mm y peso de 6.8 kg para instalación mural.

### 8.4.2 Capa de conectividad y protocolo

Los cargadores operan bajo el protocolo OCPP 2.0 (Open Charge Point Protocol), estándar internacional abierto para interoperar entre fabricantes y sistemas de gestión. La comunicación se realiza a través de la red de datos del conjunto (Wi-Fi o Ethernet LAN), con respaldo en red 4G/5G, inspirado en los modelos de innovación (Misión Académica EAN, Día 13).

### 8.4.3 Capa de software de gestión

El núcleo del modelo Charging Aggregator es su plataforma de software, compuesta por tres módulos principales: (a) un Sistema de Gestión de Estaciones de Carga (CSMS), encargado de recibir la telemetría de cada punto de carga, controlar el inicio y la finalización de las sesiones y administrar la carga inteligente para evitar picos de demanda; (b) un módulo de facturación que calcula el consumo real de energía en kWh por sesión y genera el cobro automático al usuario mediante PSE o billeteras digitales; y (c) un panel de administración (dashboard) que permite visualizar el estado de los cargadores, los ingresos generados, el avance del periodo de recuperación de la inversión (payback) y métricas de sostenibilidad, como las emisiones de $CO_2$ evitadas.

La concepción de este componente se fundamenta en las buenas prácticas internacionales observadas durante la Misión Académica EAN China 2026, particularmente en relación con el uso de plataformas digitales para la gestión integrada de infraestructuras inteligentes. Estas

experiencias permitieron identificar la relevancia de centralizar el monitoreo, el control operativo y la analítica de datos en entornos conectados, principios que orientan el diseño tecnológico del modelo propuesto.

### 8.4.4 Capa de servicios al usuario — aplicación móvil

La interfaz de usuario es una aplicación móvil (iOS y Android) con seis módulos funcionales, tal como se ilustra en el prototipo desarrollado en esta investigación (Figuras 1 a 3): (a) módulo de mapa y disponibilidad en tiempo real de los cargadores del conjunto; (b) módulo de reserva de turno con selección de franja horaria, estimación de kWh y costo total; (c) módulo de monitoreo de sesión activa con telemetría en vivo (kWh entregados, costo acumulado, tiempo restante, $CO_2$ evitado); (d) módulo de solicitud de valet universitario con selección de ventana nocturna y objetivo de carga; (e) módulo de dashboard administrativo restringido al perfil de administrador del conjunto (ingresos, recuperación de CAPEX, estado de cargadores); y (f) módulo de Calculadora de Coeficiente de Carga para proyectar el número de puntos requeridos según los VE registrados, el número de apartamentos y el crecimiento proyectado a dos años, generando automáticamente un informe para el consejo de administración.

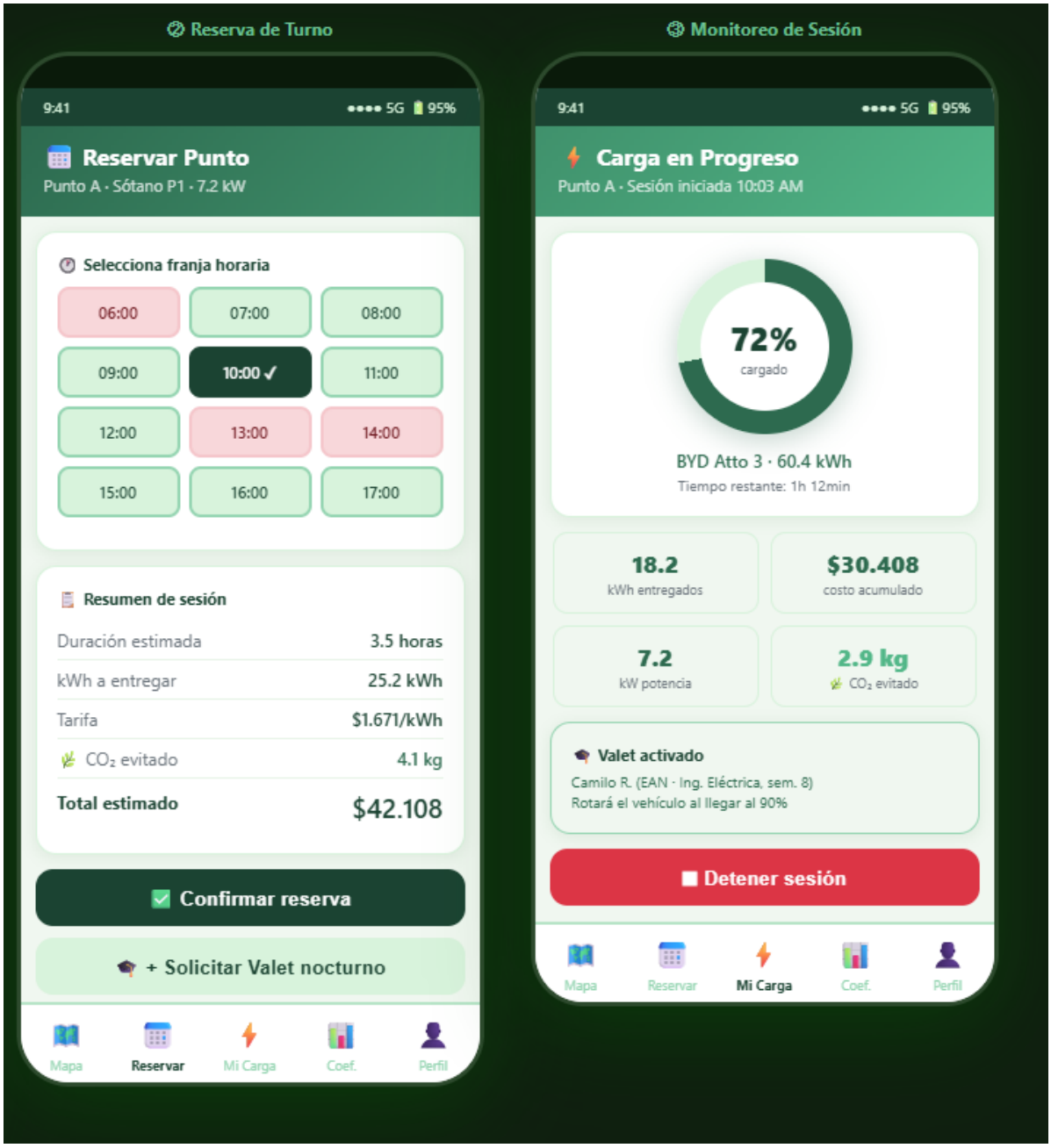
**Figura 1**
*Módulos de mapa y reserva*




*Nota. Pantallas de los módulos de mapa y disponibilidad y reserva de turno del prototipo Charging Aggregator v2.0. Elaboración propia (2026).*

**Figura 2**

*Módulos de reserva y monitoreo de sesión*




*Nota. Pantallas del módulo de reserva y monitoreo de sesión activa del prototipo Charging Aggregator v2.0. Elaboración propia (2026).*

**Figura 3**

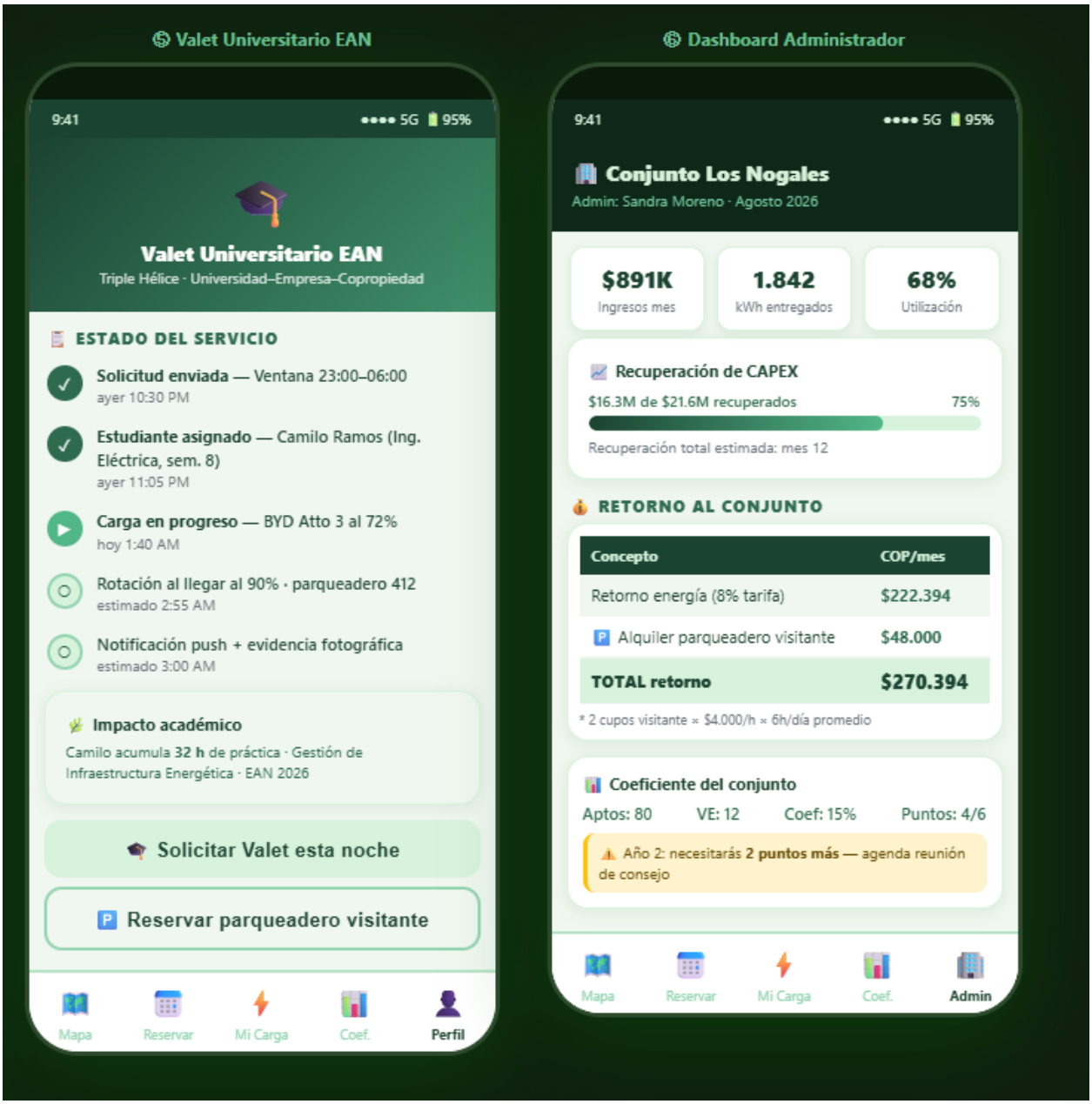
*Módulo de monitoreo y calculadora de coeficiente de carga*




*Nota. Pantallas del módulo de monitoreo y calculadora de coeficiente de carga del prototipo Charging Aggregator v2.0. Elaboración propia (2026).*

**Figura 4**

*Módulo de administración y servicio valet universitario*




*Nota. Pantallas del módulo administrativo y servicio valet universitario del prototipo Charging Aggregator v2.0. Elaboración propia (2026).*

### 8.4.5 Módulo de calculadora de coeficiente de carga metodológica

El Módulo de Calculadora de Coeficiente de Carga constituye el sexto componente funcional de la aplicación Charging Aggregator y responde a una necesidad identificada durante la fase de validación con operadores locales: la ausencia de una herramienta estandarizada que permita dimensionar la infraestructura de carga requerida por un conjunto residencial tanto en el momento de inicio del contrato como al final del período de dos años, cuando el operador y el consejo de administración deben negociar la ampliación del servicio.

El módulo opera con tres parámetros de entrada que el administrador del conjunto ingresa en la aplicación: (a) número total de apartamentos del conjunto (N_aptos); (b) número de vehículos eléctricos registrados actualmente en el conjunto (N_VE); y (c) tasa de crecimiento anual proyectada para la adopción de VE en el conjunto (%r). A partir de estos parámetros, el sistema calcula el coeficiente de penetración actual (N_VE / N_aptos) y proyecta el número de puntos de carga requeridos para el año 0 (inicio del contrato) y para el año 2 (fin del período contractual), aplicando la fórmula siguiente:

$$N = \lceil N_VE \times (1 + r)^t / FO \rceil$$

Donde N es el número de puntos de carga requeridos; N_VE es el número de VE registrados en el período t; r es la tasa de crecimiento anual de adopción (valor de referencia: 25 % anual, consistente con la tendencia nacional 2024–2026 según ANDI y Fenalco (2026) y el RUNT (2024)); t es el año del horizonte de proyección (0 = inicio, 2 = fin del contrato); y FO es el factor de ocupación simultánea del cargador, definido en 0.40 (es decir, se asume que el 40 % de los VE registrados demanda carga simultáneamente en el horario pico nocturno, consistente con los patrones de uso observados en el ecosistema BYD China durante la Misión Académica EAN, Día 7).

Para el caso de referencia documentado en esta investigación — un conjunto de 80 apartamentos con 12 VE registrados y una tasa de crecimiento del 25 % anual — el módulo calcula: coeficiente actual = 15 % (12/80); puntos requeridos en año 0 = ⌈12 / 0.40⌉ = 4 puntos; y puntos requeridos en año 2 = ⌈12 × (1.25)² / 0.40⌉ = ⌈18.75 / 0.40⌉ = ⌈46.9⌉ = 6 puntos. El resultado indica que al término del contrato se requerirán 2 puntos adicionales, lo que el módulo convierte automáticamente en un informe descargable en formato PDF para presentar al consejo de administración, facilitando así la negociación de la renovación del contrato y la ampliación de la infraestructura. Este mecanismo cierra el ciclo de valor del modelo: el operador regresa al consejo con datos objetivos generados por la propia plataforma.

### 8.5 Modelo Zero-CAPEX y estructura tarifaria

#### 8.5.1 Estructura de inversión — CAPEX

Para un conjunto residencial con tres puntos de carga Tipo 2 de 7.2 kW, el CAPEX total proyectado es de $21.644.500, discriminado en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Estructura de CAPEX para tres puntos de carga Tipo 2 en conjunto residencial estrato 4, Bogotá*

| Concepto | Costo unitario (COP) | Total (COP) |
|---|---|---|
| Estudio de cargabilidad eléctrica | $5.546.971 | $5.546.971 |
| Cargador Tipo 2 Cubis Box (×3) | $2.365.843 | $7.097.529 |
| Instalación por punto de carga (×3) | $3.000.000 | $9.000.000 |
| **CAPEX TOTAL ASUMIDO POR OPERADOR** | **—** | **$21.644.500** |

*Nota. Los valores del estudio de cargabilidad eléctrica ($5.546.971) y del cargador Cubis Box Tipo 2 ($2.365.843 por unidad) corresponden a cotización directa obtenida durante la entrevista semiestructurada con Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia (comunicación personal, 18 de junio de 2026), registrada en el Anexo C (archivo digital adjunto). Como fuente de contraste, el precio promedio de cargadores AC Tipo 2 de 7,2 kW en el mercado latinoamericano oscila entre USD 800 y USD 1.200 por unidad (NREL, 2023), equivalente a $3,2–$4,8 millones al tipo de cambio de referencia (Banco de la República, 2026); el precio reportado por Enel X se ubica dentro de este rango, lo que valida su consistencia con referencias de mercado verificables.*

### 8.5.2 Modelo tarifario y recuperación de inversión

La tarifa al usuario final se compone de tres elementos: (a) tarifa regulada de energía, que varía según el estrato del conjunto residencial de acuerdo con las tarifas reguladas publicadas por Enel Colombia para usuarios residenciales en Bogotá en enero de 2026 (Enel Colombia, 2026): $740/kWh para estrato 4 y $888/kWh para estratos 5 y 6, que asumen la contribución de solidaridad del 20 % adicional conforme a la metodología tarifaria vigente (CREG, Resolución 119 de 2007, modificada por la Resolución 101 028 de 2023); (b) fee del gestor (Charging Aggregator) de $829/kWh, fijo e independiente del estrato, que constituye el único ingreso que retiene el operador y con el cual cubre el OPEX ($1.150.000/mes) y recupera el CAPEX; y (c) retorno a la copropiedad del 8 % sobre la tarifa regulada de energía, como incentivo para que la administración apoye la implementación. La composición para estrato 4 se detalla en la Tabla 8:

**Tabla 8**

*Composición de la tarifa al usuario del Charging Aggregator — Bogotá estrato 4, 2026*

| Componente de la tarifa | COP/kWh | Proporción |
|---|---|---|
| Tarifa regulada de energía (Enel Colombia, 2026) | $740 | 45,5 % |
| Fee del gestor (Charging Aggregator) | $829 | 50,9 % |
| Retorno al conjunto (8 % s/tarifa regulada) | $59 | 3,6 % |
| **Tarifa total al usuario** | **$1.628** | **100 %** |

*Nota. Elaboración propia (2026). Tarifa regulada de energía tomada del tarifario de Enel Colombia para usuarios residenciales en Bogotá correspondiente a enero de 2026 (Enel Colombia, 2026). Los estratos 5 y 6 incluyen la contribución de solidaridad del 20 % conforme a la metodología tarifaria vigente (CREG, Resolución 119 de 2007, modificada por la Resolución 101 028 de 2023). El fee del gestor se calculó para recuperar el CAPEX en 12 meses con una utilización promedio de 5,5 horas por día en el escenario base.*

**Tabla 9**

*Simulación de tarifa y viabilidad del operador por estrato residencial — Bogotá, 2026*

| Estrato | Tarifa energía (COP/kWh) | Fee del gestor (COP/kWh) | Tarifa total al usuario (COP/kWh) |
|---|---|---|---|
| Estrato 4 | $740 | $829 | $1.628 |
| Estrato 5 | $888 | $829 | $1.788 |
| Estrato 6 | $888 | $829 | $1.788 |

*Nota. Elaboración propia (2026), con base en el tarifario Enel Colombia (2026) y la contribución de solidaridad del 20 % para estratos 5 y 6 (CREG, Resolución 119 de 2007, modificada por la Resolución 101 028 de 2023).*

Para el escenario base (estrato 4), con una tarifa total de $1.628/kWh, la plataforma entrega 3.564 kWh al mes (3 puntos × 7,2 kW × 5,5 h/día × 30 días). De este volumen, el operador factura y retiene únicamente el componente del fee del gestor ($829/kWh), lo que genera un ingreso operativo de $2.954.556/mes; los $740/kWh de energía se trasladan directamente a Codensa y los $59/kWh de retorno se giran a la copropiedad ($210.276/mes). Descontando el OPEX ($1.150.000/mes), el operador obtiene un flujo de caja neto de $1.804.556/mes, con el cual recupera el CAPEX en 12,0 meses en el escenario base. Adicionalmente, el modelo incorpora un ingreso complementario para la copropiedad por el alquiler del parqueadero de visitante utilizado como punto de carga: $4.000/hora por cupo. Asumiendo 2 cupos de visitante con un promedio de 6 horas diarias de uso, la copropiedad recibe 2 × 6 × 30 × $4.000 = $1.440.000/mes adicional, elevando su retorno total a $1.650.276/mes.

#### 8.5.2.1 Validación de la tarifa frente al mercado

La tarifa del modelo se construyó mediante un enfoque de costo más margen (cost-plus): se parte del costo de la energía, se añade el fee que permite recuperar el CAPEX en el plazo definido, y se suma el incentivo a la copropiedad; no se derivó de un análisis competitivo directo. Para verificar su razonabilidad, la Tabla 10 contrasta la tarifa resultante contra referencias de mercado disponibles para la carga pública y semipública de vehículos eléctricos en Bogotá.

**Tabla 10**
*Comparación de la tarifa propuesta frente a referencias de mercado — Bogotá, 2026*

| Fuente | Tipo de carga | Tarifa (COP/kWh) |
|---|---|---|
| Enel X / Red pública (Bogotá) | Carga rápida pública | $1.690 |

| Fuente | Tipo de carga | Tarifa (COP/kWh) |
|---|---|---|
| Enel X / Red pública (Bogotá) | Carga lenta | $1.490 |
| Voltop (observación directa, Universidad EAN, 2026) | Carga AC semipública | $1.780 |
| **Charging Aggregator propuesto — estrato 4** | Carga AC residencial | $1.628 |
| **Charging Aggregator propuesto — estratos 5-6** | Carga AC residencial | $1.788 |

*Nota. Elaboración propia (2026), con base en Valbuena (2025) para las tarifas de Enel X en la red pública de Bogotá, y en observación directa de los autores para la tarifa de Voltop en la Universidad EAN (2026).*

Aunque la tarifa del modelo se derivó por costos y no por benchmarking competitivo, el contraste muestra que resulta razonable frente al mercado: la tarifa para estrato 4 ($1.628/kWh) queda por debajo de la carga rápida pública de Enel X ($1.690) y de la referencia observada en Voltop ($1.780), mientras que la tarifa para estratos 5-6 ($1.788/kWh) es comparable a estas dos referencias. Esto sugiere que, aunque el mecanismo de fijación de precios partió de un objetivo de recuperación de CAPEX y no de un análisis competitivo, el resultado es consistente con la disposición a pagar observada en el mercado de carga de Bogotá.

**Tabla 11**

*Análisis de sensibilidad del payback según tasa de utilización diaria — 3 puntos de carga, tarifa $1.628/kWh*

| Escenario | kWh/mes | Ingreso operador (fee)/mes (COP) | Payback simple (meses) |
|---|---|---|---|
| Conservador — 4 h/día | 2.592 | $2.148.768 | 21,7 |
| Base — 5.5 h/día | 3.564 | $2.954.556 | 12,0 |
| Optimista — 7 h/día | 4.536 | $3.760.344 | 8,3 |

*Nota. Elaboración propia (2026). El ingreso considera únicamente el fee del gestor ($829/kWh), que es el componente que retiene el operador; la tarifa de energía y el retorno a la copropiedad se excluyen por ser flujos de paso (pass-through) hacia Codensa y la copropiedad, respectivamente. El escenario considera un CAPEX total de $21.644.500, un OPEX mensual de $1.150.000 y una potencia instalada de 7,2 kW por punto de carga. El payback descontado (a la tasa mensual de 0,949 %, equivalente al 12 % efectivo anual) se detalla en la Tabla 12.*

### 8.5.3 Indicadores financieros: Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa de descuento del 12 % efectivo anual utilizada aproxima el costo de oportunidad del capital para el inversionista (el operador del Charging Aggregator). Como el proyecto se financia en su totalidad con capital propio, sin estructura de deuda y patrimonio que permita calcular un WACC formal, se sigue el criterio de Sapag Chain et al. (2014) para proyectos financiados con recursos propios: la tasa de descuento se estima como la rentabilidad mínima exigida por el inversionista. Este supuesto se valida con dos evidencias. Primero, el análisis de mercado del capítulo (Tabla 10): la tarifa propuesta ($1.628/kWh en estrato 4 y $1.788/kWh en estratos 5-6) queda por debajo de las tarifas de operadores ya establecidos en Bogotá —Voltop, $1.780/kWh (observación directa, Universidad EAN, 2026), y Enel X, hasta $1.690/kWh en carga rápida pública (Valbuena, 2025)—, lo que indica que el mercado tolera precios superiores a los asumidos, reduciendo el riesgo de que la rentabilidad proyectada dependa de supuestos optimistas.

Segundo, la literatura especializada reporta rangos de 10 % a 15 % para el costo de capital en proyectos de carga de baja escala en mercados emergentes (Rocky Mountain Institute, 2023; Nagmani et al., 2024). El 12 % adoptado se ubica en el punto medio de ese rango; la validación de mercado local sugiere, si acaso, un supuesto conservador y no optimista.

Con CAPEX de $21.644.500, OPEX mensual de $1.150.000 y horizonte de 24 meses, se calculan el VPN y la TIR para los tres escenarios a una tasa de descuento del 12 % efectivo anual (r = 0,949 % mensual):

A manera de memoria de cálculo, para el escenario Base se detalla el procedimiento completo: (1) ingreso operativo mensual = 3.564 kWh × $829/kWh (fee del gestor) = $2.954.556; (2) flujo de caja neto mensual = ingreso operativo – OPEX = $2.954.556 – $1.150.000 =

$1.804.556; (3) los flujos de caja se proyectan constantes durante 24 meses, descontados a la tasa mensual efectiva r = (1 + 0,12)^(1/12) – 1 = 0,949 %; (4) el VPN se calcula como VPN = Σ [t=1 a 24] [$1.804.556 / (1,00949)^t] – $21.644.500 = $16.924.684; y (5) la TIR mensual es la tasa que hace VPN = 0 para esta misma serie de flujos, calculada numéricamente en 6,50 % mensual, equivalente a una TIR anual de 112,8 %. El mismo procedimiento se aplicó a los escenarios Conservador y Optimista, sustituyendo únicamente el kWh/mes correspondiente (2.592 y 4.536, respectivamente); los resultados se resumen en la Tabla 12.

La TIR mensual resultante es alta en términos relativos porque el CAPEX inicial ($21.644.500) es pequeño frente al flujo de caja neto mensual generado (entre $998.768 y $2.610.344 según el escenario), característica propia del modelo Zero-CAPEX para la copropiedad: el operador invierte poco y recupera rápido, lo que matemáticamente produce tasas de retorno elevadas incluso con flujos de caja moderados.

Esta TIR no debe compararse directamente con la tasa de descuento mensual (0,949 %) sin considerar la escala de la inversión; el criterio de decisión correcto es que la TIR anual equivalente supere la tasa de descuento del 12 % —lo cual se cumple en los escenarios Base y Optimista, pero no en el escenario Conservador, donde la TIR anual (10,5 %) resulta inferior al 12 % exigido.

**Tabla 12**

*Resumen de indicadores financieros del modelo Charging Aggregator*

| Escenario | VPN (COP) | TIR mensual / anual equiv. | Payback simple / descontado |
|---|---|---|---|
| Conservador | –$297.605 | 0,83 % / 10,5 % | 21,7 meses / no se recupera en 24 meses |
| Base | $16.924.684 | 6,50 % / 112,8 % | 12,0 meses / 12,8 meses |
| Optimista | $34.146.974 | 11,09 % / 253,4 % | 8,3 meses / 8,7 meses |

*Nota. Elaboración propia (2026). Resultados calculados sobre el ingreso operativo real del operador (fee del gestor, $829/kWh), no sobre la tarifa total al usuario. Horizonte de evaluación de 24 meses, inversión inicial de $21.644.500 y tasa de descuento del 12 % efectivo anual (0,949 % mensual).*

Los resultados presentados en la Tabla 12 muestran que el modelo Charging Aggregator es financieramente viable en los escenarios Base y Optimista, con VPN positivos de $16,9 y $34,1 millones respectivamente y TIR anuales de 112,8 % y 253,4 %, muy por encima del 12 % de costo de capital exigido. El escenario Conservador, en cambio, arroja un VPN negativo (–$297.605) y una TIR anual de 10,5 %, inferior a la tasa de descuento, por lo que no resulta viable bajo ese nivel de utilización. El punto de equilibrio del modelo se ubica en 2.609 kWh/mes, equivalentes a una utilización promedio de 4,0 horas/día por punto de carga —apenas por encima del escenario Conservador (4 h/día)—, lo que identifica la utilización mínima como la variable crítica de riesgo del negocio y sugiere que el Programa valet universitario (sección 8.6), al reducir el tiempo muerto de los puntos de carga, cumple un rol determinante para asegurar que la operación se mantenga por encima de este umbral.

**8.6 Programa valet universitario — Triple hélice aplicada al contexto colombiano**

El Programa valet universitario incorpora a estudiantes como operadores del servicio de rotación nocturna de vehículos. En conjuntos con número limitado de puntos de carga, el principal cuello de botella operativo es el charger blocking: un vehículo que ya completó su carga permanece conectado, impidiendo que otros usuarios utilicen el punto. El valet universitario resuelve este problema de forma orgánica y a bajo costo.

El modelo operativo funciona así: el residente solicita el servicio valet a través de la app para una ventana nocturna (ej. 12:00 a.m.–5:00 a.m.). El Charging Assistant —estudiante asignado— recibe alerta cuando la carga alcanza el nivel objetivo (ej. 80 %), se dirige al parqueadero, desconecta el vehículo, lo reubica en el parqueadero del residente y libera el punto de carga. El proceso queda registrado con evidencia fotográfica y notificación push al propietario.

El programa genera tres tipos de valor: (a) operativo: eleva la tasa de utilización de cargadores del 45-50 % al 65-70 %, mejorando la viabilidad financiera del operador; (b) académico: los

estudiantes acumulan horas de práctica profesional reconocibles en su currículo; y (c) social: empleos de calidad para jóvenes universitarios en un sector de alto crecimiento, con horarios compatibles con su actividad académica nocturna.

### 8.7 Matriz de transferencia tecnológica China–Bogotá

En la Tabla 13 se relaciona cada empresa de la Misión Académica EAN con la capacidad observada, la adaptación propuesta para Bogotá y el módulo del sistema al que contribuye.

**Tabla 13**
*Matriz de transferencia tecnológica China–Bogotá para el modelo Charging Aggregator*

| Empresa China | Capacidad observada | Adaptación Bogotá | Módulo en la app |
|---|---|---|---|
| Tus Park | Triple Hélice universidad-empresa-gobierno | Programa valet universitario EAN | Módulo valet |
| BYD | Integración vertical y carga bidireccional V2G | Compatibilidad VE BYD en Colombia | Dashboard Admin — métricas V2G futuro |
| Power China | Infraestructura eléctrica a escala y microrredes | Estudio de cargabilidad del conjunto | — |
| Xiaomi | Ecosistemas IoT hogar-VE | Integración domótica del conjunto (futuro) | — |

*Nota. Elaboración propia (2026), con base en los registros de campo de la Misión Académica EAN China 2026 (días 6, 7, 10, 13 y 14 del itinerario).*

En la Tabla 13 se presentan los hallazgos obtenidos durante la Misión Académica EAN China 2026 los cuales no fueron adoptados de forma literal para el contexto colombiano. Por el contrario, fueron analizados y adaptados a las condiciones regulatorias, económicas y técnicas de Bogotá. BYD aportó referentes de integración tecnológica; Power China, metodologías para la planeación de infraestructura; Xiaomi, experiencias digitales centradas en el usuario; y Tus Park, esquemas de articulación entre universidad, empresa y Estado. La integración de estos elementos dio origen al modelo Charging Aggregator propuesto.

### 8.8 Marco regulatorio habilitante en Colombia

La Ley 1964 de 2019 establece los incentivos para la adquisición de VE (exención de IVA, descuento del 10 % en SOAT, exención de tecno-mecánica por 5 años) y determina que el Estado promoverá la infraestructura de carga en edificios residenciales. La Resolución 1680800 de 2025 establece las condiciones técnicas, operativas y de seguridad para la implementación de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en Bogotá. El modelo Charging Aggregator incorpora estos lineamientos mediante la medición individualizada por punto de carga soportada en el protocolo OCPP 2.0.

### 8.9 Diferenciación frente a Enel X Colombia

El modelo de venta de cargadores de Enel X, documentado en la entrevista realizada a Gerson Ramírez, representante de movilidad eléctrica de Enel X Colombia (comunicación personal, 18 de junio de 2026), transfiere la inversión y el riesgo financiero al conjunto residencial. En este esquema, el CAPEX superior a $11 millones por punto de carga, junto con el estudio de cargabilidad de $5.546.971, debe ser asumido por la administración, sin un mecanismo estructurado que permita recuperar esta inversión mediante la facturación a los residentes. Adicionalmente, Enel X no contempla servicios de gestión de la carga, rotación de vehículos ni beneficios económicos directos para la copropiedad.

En contraste, el modelo Charging Aggregator transforma esta lógica en cuatro dimensiones: (a) Zero-CAPEX, mediante el cual el operador asume la inversión total de $21.644.500; (b) facturación automatizada por kWh consumido a través de una aplicación móvil; (c) programa valet universitario para la gestión de la rotación nocturna de vehículos; y (d) generación de ingresos para la copropiedad mediante un retorno sobre la energía consumida y el aprovechamiento económico de los parqueaderos de visitantes, alcanzando un beneficio estimado de $1.650.276 mensuales sin requerir inversión de capital.

### 8.10 Síntesis y validación de la propuesta Charging Aggregator

Los resultados presentados en este capítulo evidencian que es posible estructurar una alternativa de carga para vehículos eléctricos en conjuntos residenciales que combine viabilidad financiera, gestión tecnológica y beneficios para la copropiedad. La propuesta integra los aprendizajes identificados durante la misión académica y los adapta a las condiciones regulatorias, técnicas y operativas de Bogotá.

La pregunta HMW permitió articular cuatro dimensiones de innovación: financiera, operativa, social y tecnológica, las cuales se materializan en el modelo Charging Aggregator. Los resultados obtenidos respaldan la viabilidad del modelo bajo los supuestos establecidos, con una tarifa de $1.628/kWh para el escenario base, un período de recuperación de la inversión de 12 meses, beneficios económicos para la copropiedad estimados en $1.650.276 mensuales sin requerir inversión de capital, así como un ahorro aproximado del 79 % por kilómetro recorrido frente a un vehículo impulsado por gasolina.

El programa valet universitario constituye uno de los elementos más innovadores de la propuesta, al adaptar al contexto de la propiedad horizontal en Bogotá los principios de articulación universidad, empresa y Estado observados en TusPark, generando valor operativo, académico y social.

La matriz de transferencia tecnológica evidencia que el Charging Aggregator no corresponde a una innovación aislada, sino al resultado de la adaptación de prácticas y capacidades identificadas en el ecosistema chino de movilidad eléctrica y ajustadas a las condiciones regulatorias y de mercado del contexto colombiano.

Asimismo, los resultados muestran el potencial de la transferencia tecnológica internacional como mecanismo para identificar, adaptar e implementar soluciones innovadoras frente a los desafíos asociados al crecimiento de la movilidad eléctrica en Colombia, contribuyendo al

desarrollo de modelos de negocio sostenibles para la expansión de infraestructura de carga residencial.

## 9. Conclusiones

La presente investigación permitió analizar el ecosistema de innovación en movilidad eléctrica observado durante la Misión Académica EAN China 2026 y evaluar la aplicabilidad de sus principales aprendizajes al contexto colombiano. Los resultados obtenidos demuestran que la experiencia internacional no solo facilitó la identificación de tendencias tecnológicas y modelos de negocio exitosos, sino que también permitió reconocer capacidades transferibles con potencial para contribuir al desarrollo de soluciones de infraestructura de carga para vehículos eléctricos en Bogotá.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a identificar las tendencias globales y los ejes de innovación tecnológica en movilidad eléctrica e infraestructura de carga, los resultados se desarrollaron principalmente en el Marco Institucional (numeral 4.2) y en el Marco Conceptual (numerales 5.1 a 5.10), donde se analizaron las experiencias de BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park. Este análisis evidenció que el liderazgo chino en movilidad eléctrica se sustenta en la convergencia de factores como la integración tecnológica, la expansión acelerada de infraestructura de carga, la digitalización de servicios, el desarrollo de ecosistemas de innovación y la articulación efectiva entre gobierno, academia y sector empresarial. Estos elementos muestran cómo la innovación tecnológica se convierte en un habilitador fundamental para acelerar la transición energética y la adopción masiva de vehículos eléctricos.

Respecto al segundo objetivo específico, relacionado con el diagnóstico del modelo de innovación de BYD, Power China, Xiaomi y Tus Park, y la identificación de factores críticos de éxito transferibles al contexto colombiano, los resultados fueron desarrollados en el numeral 7.1, Diagnóstico del Modelo de Innovación Misión Académica EAN China 2026, particularmente en los apartados 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3 y 7.1.4. El análisis identificó como factores relevantes la integración vertical e innovación tecnológica de BYD, los modelos de planeación e inversión en

infraestructura energética de Power China, la experiencia digital integrada propuesta por Xiaomi y la capacidad de articulación institucional promovida por Tus Park mediante el modelo Triple Hélice. Estos hallazgos evidencian que la transferencia tecnológica no consiste en replicar modelos de manera literal, sino en adaptar capacidades, conocimientos y buenas prácticas a las condiciones regulatorias, económicas y sociales del contexto colombiano.

En cumplimiento del tercer objetivo específico, enfocado en diseñar y validar un modelo de innovación tipo Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá a partir de las capacidades identificadas en el ecosistema chino, evaluando su viabilidad financiera mediante indicadores de VPN, TIR y payback, se desarrolló la propuesta Charging Aggregator, presentada en el Capítulo 8, Propuesta de Modelo de Negocio: Agregador de carga urbana, específicamente en los numerales 8.1 a 8.10. La propuesta integra elementos tecnológicos, financieros y operativos identificados durante la investigación y busca responder a barreras existentes en el mercado local, particularmente aquellas relacionadas con la inversión inicial, la gestión de la demanda energética y la facturación individualizada del servicio de carga en conjuntos residenciales.

La evaluación financiera desarrollada en los numerales 8.5.2 y 8.5.3 confirmó que el modelo presenta condiciones favorables de viabilidad en los escenarios analizados. Los indicadores de Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y período de recuperación de la inversión evidencian capacidad de generación de valor económico, recuperación de la inversión en plazos competitivos y posibilidades de crecimiento progresivo, lo que respalda la factibilidad de implementar el modelo en el contexto bogotano.

En consecuencia, el objetivo general de la investigación fue alcanzado mediante la integración de los hallazgos obtenidos en el análisis del ecosistema chino, la identificación de capacidades transferibles y la formulación de una propuesta adaptable al contexto colombiano. La articulación

entre el diagnóstico internacional, el análisis del mercado nacional y la evaluación financiera hizo posible construir una alternativa concreta para contribuir al fortalecimiento de la infraestructura de carga residencial para vehículos eléctricos en Bogotá.

De manera complementaria, la investigación evidenció que la expansión de la movilidad eléctrica requiere soluciones integrales que trasciendan la simple instalación de infraestructura de carga. Aspectos como la interoperabilidad tecnológica, la gestión inteligente de la energía, la experiencia del usuario, los mecanismos de financiamiento y la articulación entre los diferentes actores del ecosistema resultan determinantes para garantizar la sostenibilidad de este tipo de iniciativas.

Finalmente, se concluye que la transferencia tecnológica internacional constituye una herramienta efectiva para la generación de soluciones innovadoras orientadas a problemáticas locales. En este sentido, el modelo Charging Aggregator representa una contribución académica y práctica al desarrollo de la movilidad eléctrica en Colombia, al proponer una alternativa adaptada a las condiciones regulatorias, económicas y operativas de Bogotá, sustentada en aprendizajes obtenidos de referentes internacionales. Asimismo, el trabajo evidencia el valor de las misiones académicas como espacios para la generación de conocimiento aplicado, la construcción de capacidades de innovación y el diseño de propuestas con potencial real de implementación.

# 10. Referencias

## 10.1. Referencias bibliográficas

Acosta, C. del C., Gutiérrez, J., y Parra, D. (2021). Estudio de factibilidad de la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Repositorio Universidad EAN. http://hdl.handle.net/10882/11290

Acosta Tocora, L., y Marín Alvis, L. (2023). Propuesta de alternativa de movilidad eléctrica basado en carga bidireccional en el ámbito de transporte en Bogotá para el año 2025 [Trabajo de grado]. http://hdl.handle.net/10882/12626

Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. Harvard Business Review, 84(4), 98–107.

Agencia Internacional de Energía. (2023). Global EV outlook 2023. IEA. https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023

Alcaldía Mayor de Bogotá. (s. f.). Cargadores para vehículos eléctricos en Bogotá: Ubicación de estaciones. https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/cargadores-para-vehiculos-electricos-en-bogota-ubicacion-de-estaciones

ANDEMOS. (2024). Informe de ventas de vehículos eléctricos en Colombia 2023–2024. Asociación Colombiana de Vehículos Automotores. https://www.andemos.org/index.php/indicadores/

Banco de la República. (2026). Tasa representativa del mercado (TRM). https://suameca.banrep.gov.co/estadisticas-economicas/

ANDI, y Fenalco. (2026, junio). Informe Vehículos Eléctricos e Híbridos — junio 2026. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia y Federación Nacional de Comerciantes. https://www.fenalco.com.co/blog/gremial-4/informe-vehiculos-electricos-e-hibridos-junio-2026-8968

Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. Transport Policy, 15(2), 73–80. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005

Berk, J., y DeMarzo, P. (2020). Finanzas corporativas (4.ª ed.). Pearson Educación.

BloombergNEF. (2023). Electric vehicle charging infrastructure market outlook 2023. Bloomberg Finance L.P.

BloombergNEF. (2024). Electric vehicle outlook 2024. Bloomberg Finance L.P. https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/

Brown, T. (2008). Design thinking. Harvard Business Review, 86(6), 84–92.

BYD Company Ltda. (2024). BYD annual report 2023. https://www.byd.com/en/investor/annual-report.html

BYD Global. (2026). Supercharging stations and the future of urban mobility. BYD Newsroom. https://www.byd.com/en/news

Çelik, D., y Ok, I. (2024). Optimal siting of EV fast-charging stations considering dynamic demand and grid constraints. Energy, 289, 130021. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.130021

CharIN e.V. (2022). CCS technical specifications and interoperability standards. https://www.charinev.org/ccs-main-page/

Chesbrough, H. W. (2003). Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Harvard Business School Press.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). Electromovilidad en América Latina y el Caribe: Situación actual y perspectivas. CEPAL.

CREG. (2025). Metodología para la remuneración de la actividad de comercialización de energía eléctrica (Resolución CREG 119 de 2007, modificada por la Resolución CREG 101 028 de 2023). Comisión de Regulación de Energía y Gas. https://creg.gov.co

Echeverri, L. G., Franco, J. F., y Salazar, H. (2019). Factores determinantes en la adopción de vehículos eléctricos en Colombia. Revista de Ingeniería, 48, 6–14.

Enel Colombia. (2026, enero). Tarifas de energía eléctrica reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) — enero de 2026. https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espa%C3%B1ol/personas/1-17-1/2026/tarifario-enel-enero-2026.pdf

Enel X. (s. f.-a). Puntos de recarga de vehículos eléctricos. https://www.enelx.com/co/es/personas/puntos-de-recarga

Enel X. (s. f.-b). Charging as a service: Movilidad sostenible. https://www.enelx.com/co/es/empresas/movilidad-electrica/charging-service

Enel X. (2024). Portafolio de soluciones para movilidad eléctrica empresarial en Colombia. Enel X Way Colombia. https://www.enelx.com/co/es/empresas/movilidad-electrica

Etzkowitz, H., y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. Research Policy, 29(2), 109–123. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4

Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., y Strømman, A. H. (2013). Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. Journal of Industrial Ecology, 17(1), 53–64. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x

International Energy Agency. (2024). Global EV outlook 2024. IEA. https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024

Ley 1715 de 2014. (2014, 13 de mayo). Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Diario Oficial, (49.150).

Ley 1964 de 2019. (2019, 11 de julio). Por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial, (51.011).

Madaram, P. (2024). A review of EV charging technologies, standards and grid integration challenges. IEEE Access, 12, 45231–45248. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3389021

MarkLines. (2026, 19 de marzo). BYD: 2nd generation blade battery and 1,500kW fast charging technology. MarkLines Automotive Industry Portal. https://www.marklines.com/en/

Martínez-Gómez, J., y Espinoza, R. (2024). Electric mobility growth in Latin America: Regulatory drivers and market dynamics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 191, 114102.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Colombia. IDEAM.

Ministerio de Industria e Información Tecnológica de China [MIIT]. (2020). Plan estratégico de desarrollo de la industria de vehículos de nueva energía 2021–2035. Consejo de Estado de la República Popular China.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2022). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero-Energético 2030. https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/vehiculos-electricos/

Ministerio de Minas y Energía. (2024a). Capítulo 2. Modelos de negocio para infraestructura de carga. https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/vehiculos-electricos//documents/12729/Capitulo_2-Modelos_de_negocio_para_infraestructura_de_carga-TEJ-2024.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2024b). Capítulo 5. Guía completa para la transición de estaciones de servicio hacia estaciones de energía. https://minenergia.gov.co/documents/13273/Capitulo_5_Guia_de_transicion_de_estaciones_TEJ_2025.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2025, 22 de octubre). MinEnergía lanza nueva regulación que integra todas las estaciones de carga eléctrica del país. https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/vehiculos-electricos//es/sala-de-prensa/noticias-index/minenergia-lanza-nueva-regulacion-que-integra-todas-las-estaciones-de-carga-electrica-del-pais/

Nagmani, H., Tyagi, V. V., y Puravankara, S. (2024). Financial modeling for EV charging infrastructure: CAPEX, OPEX and business case analysis. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 63, 103672.

National Renewable Energy Laboratory. (2023). Cost projections for utility-scale battery storage: 2023 update. NREL. https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/85332.pdf

Palop, F., y Vicente, J. M. (1999). Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva: Su potencial para la empresa española. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.

Power Construction Corporation of China. (2023). PowerChina annual report 2023. https://www.powerchina.cn/col/col7699/index.html

Registro Único Nacional de Tránsito. (2024). Estadísticas del parque automotor eléctrico en Colombia. Ministerio de Transporte de Colombia.

Rezvani, Z., Jansson, J., y Bodin, J. (2015). Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 34, 122–136. https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.010

Rochet, J.-C., y Tirole, J. (2003). Platform competition in two-sided markets. Journal of the European Economic Association, 1(4), 990–1029. https://doi.org/10.1162/154247603322493212

Rocky Mountain Institute. (2023). The economics of electric vehicle charging: A business case analysis. RMI. https://rmi.org/insight/the-economics-of-electric-vehicle-charging/

Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., y Sapag P., J. M. (2014). Preparación y evaluación de proyectos (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Secretaría Distrital de Hacienda. (2025). Resolución SDH-000195: Calendario tributario y tarifas de impuesto vehicular 2026. Alcaldía Mayor de Bogotá.

Secretaría Distrital de Movilidad. (2025, 12 de agosto). Resolución 1680800 de 2025: Por la cual se adopta el Protocolo de recarga de vehículos eléctricos y se establecen otras disposiciones. https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=188973

Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., y Van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. Energy Policy, 68, 183–194. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043

Tsinghua University Science Park. (2022). TUS Holdings annual report 2022: Innovation ecosystem for a sustainable future. https://www.tusholdings.com/en/

Tsinghua University Science Park (Tus Park). (2023). About Tus Park: Innovation ecosystem. Tus Park Corporation. https://www.tuspark.co.uk/

Unidad de Planeación Minero-Energética. (2026). Certificación de beneficios tributarios para proyectos de movilidad eléctrica: Resolución 000070. Ministerio de Minas y Energía.

Valbuena, L. (2025, 17 de febrero). Estaciones de carga para carros eléctricos en Bogotá: ¿Dónde están y cuánto cuesta? Valora Analitik. https://www.valoraanalitik.com/estaciones-de-carga-para-carros-electricos-bogota/

Xiaomi Corporation. (2024). Xiaomi annual report 2023. https://www.mi.com/global/about/investor

Xiaomi Corp. (2024). Xiaomi SU7 product launch and HyperOS integration [Presentación corporativa]. Xiaomi World Conference, Beijing.

Zhan, X., Liao, F., Deng, Y., Wang, S., y Yeh, A. G. O. (2025). Spatiotemporal patterns of EV charging demand across seven Chinese cities. Nature Energy, 10(1), 88–101. https://doi.org/10.1038/s41560-024-01638-x

**10.2. Fuentes primarias**

Wu, O. (2026). Gerente Comercial para Colombia, BYD. Entrevista semiestructurada presencial realizada durante la Misión Académica EAN China 2026. Shenzhen, China.

Yi, B. (2026). Business Manager, Power China. Entrevista semiestructurada presencial realizada durante la Misión Académica EAN China 2026. China.

Equipo investigador. (2026). Observación directa de tarifa de carga Voltop, Universidad EAN, Bogotá.

Ramírez, G. (2026). Representante de movilidad eléctrica, Enel X Colombia. Entrevista estructurada telefónica realizada por el equipo investigador. Bogotá, Colombia.

## 11. Anexos

A. Entrevista semiestructurada a Power China

B. Entrevista semiestructurada a BYD

C. Entrevista ENEL (grabación de audio en formato MP4, entregada como anexo digital).

D. Prototipo interactivo de la app Charging Aggregator para conjuntos residenciales en Bogotá

E. Charging Aggregator Pantallas App Clientes

## Anexo A. Entrevista semiestructurada a Power China

**Empresa:** Power China

**Entrevistado:** Billy Yi

**Cargo:** Business Manager, Power China

**Fecha:** 08 de junio de 2026

**Lugar:** China

**Tipo de instrumento:** Entrevista semiestructurada

**Modalidad:** Presencial

**Registro:** Audio

**Objetivo:** Recopilar información sobre modelos de negocio, características técnicas, infraestructura, compatibilidad y tiempos de carga asociados con estaciones de carga para vehículos eléctricos.

*Nota. La entrevista fue realizada verbalmente y registrada en audio. Las respuestas fueron posteriormente transcritas y sistematizadas para su análisis.*

| Dimensión | Pregunta formulada | Respuesta obtenida |
|---|---|---|
| Modelo de negocio | ¿Cómo describiría el modelo de negocio que utilizan para comercializar infraestructura de carga rápida? | Power China puede participar mediante diferentes modalidades: construcción de infraestructura, trabajo conjunto con fabricantes, adquisición de equipos o inversión en proyectos de estaciones de carga. En esquemas de inversión o asociación, la empresa puede aportar capital y obtener ingresos derivados del uso de la estación por parte de los vehículos. |
| Segmento y producto | ¿Qué tipos de cargadores ofrecen y para qué uso? | Se identifican dos soluciones principales: cargadores domiciliarios, destinados al uso residencial y carga lenta, y cargadores rápidos o supercargadores, utilizados en estaciones públicas o de mayor capacidad. |

| Dimensión | Pregunta formulada | Respuesta obtenida |
|---|---|---|
| Requerimientos técnicos | ¿Qué requisitos de espacio, instalación eléctrica y condiciones técnicas debe cumplir? | Las estaciones domiciliarias operan a aproximadamente 400 V, mientras que las estaciones de mayor capacidad pueden alcanzar entre 800 y 1200 V. La carga rápida requiere mayor potencia y cables de mayor capacidad. Se mencionaron estaciones con aproximadamente 10 a 20 puntos de carga, e incluso alrededor de 20 o 21 puntos. |
| Compatibilidad | ¿De qué factores depende la compatibilidad entre un cargador y un vehículo eléctrico? | Las estaciones son diseñadas para que el cargador sea compatible con todas las marcas de vehículos eléctricos en China. |
| Tiempo de recarga | ¿Cuál es el tiempo promedio de carga y de qué variables depende? | La carga residencial puede tomar aproximadamente 8 horas, mientras que mediante un cargador rápido o supercargador puede reducirse a cerca de 30 minutos. La diferencia depende principalmente de la potencia disponible, la capacidad del cableado y el tipo de infraestructura utilizada. |

## Anexo B. Entrevista semiestructurada a BYD

**Empresa:** BYD

**Entrevistado:** Olivia Wu

**Cargo:** Gerente Comercial para Colombia

**Fecha:** 16 de junio de 2026

**Lugar:** China

**Tipo de instrumento:** Entrevista semiestructurada

**Modalidad:** Presencial

**Registro:** Audio

**Objetivo:** Recopilar información sobre modelos de negocio, características técnicas, infraestructura, compatibilidad y tiempos de carga asociados con estaciones de carga para vehículos eléctricos.

*Nota. La entrevista fue realizada verbalmente y registrada en audio. Las respuestas fueron posteriormente transcritas y sistematizadas para su análisis.*

| Dimensión | Pregunta formulada | Respuesta obtenida |
|---|---|---|
| Modelo de negocio | ¿Cómo describiría el modelo de negocio que utilizan para comercializar infraestructura de carga rápida? | Esta información no fue abordada durante la entrevista realizada a la representante de BYD. |
| Segmento y producto | ¿Qué tipos de cargadores ofrecen y para qué uso? | Ante el agotamiento de la batería, el vehículo puede continuar operando con gasolina hasta llegar a una estación de carga; esta característica aplica exclusivamente a los modelos híbridos de la marca. |

| Dimensión | Pregunta formulada | Respuesta obtenida |
|---|---|---|
| Equipo — dimensiones | ¿Qué requisitos de espacio, instalación eléctrica y condiciones técnicas debe cumplir? | Esta información no fue abordada durante la entrevista realizada a la representante de BYD. |
| Compatibilidad | ¿De qué factores depende la compatibilidad entre un cargador y un vehículo eléctrico? | Todas las baterías son de tipo litio-ferrofosfato (LFP), de producción y marca exclusivamente propia de BYD; no integran baterías de terceros. |
| Tiempo de recarga | ¿Cuál es el tiempo promedio de carga y de qué variables depende? | La tecnología de nueva generación permite cargar el 100 % en 9 minutos; las generaciones anteriores requieren, en promedio, entre 30 minutos y 1 hora. La temperatura ambiente muy alta o baja incrementa el tiempo requerido; fue el único factor mencionado explícitamente. |