

Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire

Karen Giraldo Flórez

Diego Moreno Gómez

Maestría en Administración de Empresas

Colegio de Estudios Superiores en Administración

Bogotá

2023

Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire

Karen Giraldo Flórez

Diego Moreno Gómez

Tutor

Miguel Ángel Bello

Profesor de estadística, Universidad CESA

Maestría en Administración de Empresas

Colegio de Estudios Superiores en Administración

Bogotá

2023

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	12
1.1 Participación de Colombia en el mercado de los vehículos eléctricos	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3. JUSTIFICACIÓN	21
3.1 Oferta y demanda de vehículos eléctricos en Colombia	28
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	36
4.1 Hipótesis	36
5. OBJETIVOS	37
5.1 Objetivo general	37
5.2 Objetivos específicos	37
6. METODOLOGÍA	38
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA	40
7.1 Capítulo I. Análisis descriptivo	40
7.2 Capítulo II. Análisis descriptivo	42
7.3 Capítulo III. Análisis descriptivo	45
7.4 Capítulo IV. Análisis de Clúster	54
8. CARACTERIZACIONES DE LOS CLÚSTER	59
9. ANÁLISIS ENCUESTAS A CONCESIONARIOS DE BOGOTÁ	63
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
10.1 Estrategias de la oferta	65
10.2 Estrategia de aumento de beneficios en Políticas Públicas	67
10.3 Estrategias e incentivos para la masificación de puntos de carga privada	67
10.4 Estrategias de inversión en Infraestructura pública	68
11. ANEXO	69
12. REFERENCIAS	85

Tabla de Figuras

Figura 1 Estimación de producción mundial de energía eléctrica en comparación con la estimación de emisiones de $[[CO_2]]$	13
Figura 2 Estimación de la producción de energía mundial.....	14
Figura 3 Costo competitivo de stock de EV en 2030 y 2050- Reducción de emisiones de CO2 en el transporte de carretera hasta 2050 por escenario	15
Figura 4 Número de vehículos híbridos vendidos en Colombia 2011- 2021	24
Figura 5 Regiones de Colombia con mayor ingreso de Vehículos eléctricos	26
Figura 6 Distribución de vehículos híbridos y eléctricos matriculados en Colombia 2021...	28
Figura 7 Total de estaciones carga para VE y PVEH en América Latina y el Caribe	32
Figura 8 Composición de género y edad	41
Figura 9 Ingresos familiares de los encuestados	42
Figura 10 Aspectos relevantes en la compra de un vehículo	43
Figura 11 Recorrido diario promedio en Km	43
Figura 12 Gasto promedio mensual en combustible	44
Figura 13 Gasto anual promedio en impuestos	45
Figura 14 Conocimiento sobre vehículos	46
Figura 15 Conocimiento de las marcas comercializadoras de EV	47
Figura 16 Conocimiento de las marcas comercializadoras de EV	48
Figura 17 Motivación al momento de comprar un vehículo	49
Figura 18 Preocupación al momento de comprar un EV	50
Figura 19 Lugares preferidos para la recarga de EV	51
Figura 20 Horarios de preferencia para la recarga de EV	52
Figura 21 Tiempo adecuado para recarga de EV	53
Figura 22 Conocimiento sobre estaciones para recarga de EV	54
Figura 23 Selección del número de Clúster (Dendograma)	56

Índice de tablas

Tabla 1 Número de VE, VEH y PVEH registrados en las principales ciudades de Colombia	26
Tabla 2 Síntesis del Marco regulatorio colombiano sobre VE, VEH y PVEH	29
Tabla 3 Método Calinski / Harabasz y Método Duda / Hart para definir el número de Clústeres	55
Tabla 4 Segmentación obtenida por método Matching	56
Tabla 5 Segmentación obtenida por método Jaccard. (Elegido)	57

Índice de anexos

Tabla A1 Segmentación obtenida por método Jaccard. (Elegido) Objetivos, hipótesis y preguntas de la encuesta aplicada.....	69
Tabla A2 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 1.....	71
Tabla A3 Ingresos familiares de los encuestados	71
Tabla A4 Aspectos relevantes en la compra de un vehículo.....	72
Tabla A5 Preferencias de motor para próxima compra de vehículo.....	72
Tabla A6 Conocimiento sobre vehículos eléctricos	73
Tabla A7 Conocimiento sobre vehículos eléctricos híbridos enchufables.....	73
Tabla A8 Conocimiento sobre vehículos eléctricos ligeros.....	74
Tabla A9 Ideas con las cuales relaciona un vehículo eléctrico.....	74
Tabla A10 Motivación al momento de comprar un vehículo.....	75
Tabla A11 Conocimiento de las marcas comercializadoras de EV.....	75
Tabla A12 Cambio en la decisión de compra de EV.....	76
Tabla A13 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 2.....	76
Tabla A14 Preocupación al momento de comprar un EV.....	77
Tabla A15 Lugares preferidos para la recarga de EV.....	77
Tabla A16 Horarios de preferencia para la recarga de EV.....	78
Tabla A17 Tiempo adecuado para recarga de EV	78
Tabla A18 Conocimiento sobre estaciones para recarga de EV.....	78
Tabla A19 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 3.....	79
Tabla A20 Conocimiento sobre beneficios otorgados para propietarios de EV	79
Tabla A21 Políticas públicas sobre EV más importantes para los usuarios	79
Tabla A22 Motivación al momento de comprar un vehículo	80
Tabla A23 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 4	80
Tabla A24 Conocimiento sobre impacto ambiental de la fabricación de EV	81
Tabla A25 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 5	81
Tabla A26 Preocupación al momento de comprar un EV	82
Tabla A27 Aspectos relevantes en la compra de un vehículo	82
Tabla A28 Recorrido diario promedio en Km	83
Tabla A29 Recorrido diario promedio en Km	83
Tabla A30 Gasto promedio mensual en combustible	83
Tabla A31 Gasto anual promedio en impuestos	84

Abreviaturas

AC Corriente Alterna

BEV Vehículo eléctrico con batería

DC Corriente continua

EV Vehículo Eléctrico

HEV Vehículo Eléctrico Híbrido

GEI Gases efecto invernadero

ICV Vehículo de combustión interna

PHEV Vehículo híbrido enchufable

PMS Motores síncronos de imán permanente

SMR Motores de reluctancia conmutada

Resumen

Con el objetivo de incentivar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en los estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá, en este trabajo se buscó diseñar estrategias tributarias y no tributarias, mediante el estudio del comportamiento de la demanda y la oferta de vehículos eléctricos, para conocer las principales motivaciones, percepciones y preferencias de los consumidores. Asimismo, se pretende determinar si los consumidores potenciales están al tanto de las políticas públicas y medidas que promueven la adopción de este tipo de vehículos, y si la ausencia de estaciones de carga tanto públicas como privadas influye en su intención de compra favoreciendo los motores de combustión interna. Para ello, se tomó una muestra de 213 personas de estratos 4, 5 y 6 en la ciudad de Bogotá, a quienes se les aplicó una encuesta en línea que indagó por las variables demográficas, gastos de mantenimiento de un vehículo, así como el conocimiento de los diferentes tipos de tecnología que se ofrecen en el mercado y las políticas públicas otorgadas por el gobierno nacional. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el software STATA y se realizó un análisis de clúster para determinar las posibles caracterizaciones de los potenciales consumidores. Entre los hallazgos se destaca que la principal motivación para adquirir este tipo de vehículos es evitar el pico y placa, así como ahorrar combustible, mientras que la principal restricción para adquirirlos es la falta de cargadores en los hogares de los usuarios y la falta de una infraestructura de carga pública masiva. Es así como se proponen estrategias que involucren a todos los actores del ecosistema de movilidad, donde se extiendan más beneficios a los consumidores y vendedores de vehículos eléctricos, y se acompañen de nuevas políticas públicas que incentiven el mejoramiento de la infraestructura de redes privadas y públicas de carga.

Palabras Clave: Incentivar, demanda, oferta, vehículos eléctricos, estratos 4, 5 y 6, Bogotá, estrategias tributarias y no tributarias, comportamiento, motivaciones, percepciones, preferencias, consumidores, políticas públicas, medidas, estaciones de carga, encuesta en línea, variables demográficas, tecnología, gobierno nacional, análisis estadístico, análisis de cluster, hallazgos, pico y placa, combustible, cargadores, infraestructura, ecosistema de movilidad, beneficios, vendedores, y nuevas políticas públicas.

Abstract

With the objective of encouraging the demand and supply of electric vehicles in strata 4, 5 and 6 of Bogota, this work sought to design tax and non-tax strategies, by studying the behavior of the demand and supply of electric vehicles, to know the main motivations, perceptions and preferences of consumers. It also aims to determine whether potential consumers are aware of public policies and measures that promote the adoption of this type of vehicles, and whether the absence of public and private charging stations influences their purchase intention in favor of internal combustion engines. For this purpose, a sample of 213 people of strata 4, 5 and 6 in the city of Bogotá was taken, to whom an online survey was applied that inquired about demographic variables, vehicle maintenance expenses, as well as knowledge of the different types of technology offered in the market and the public policies granted by the national government. The results were statistically analyzed using STATA software and a cluster analysis was performed to determine the possible characterizations of potential consumers. Among the findings, it stands out that the main motivation for acquiring this type of vehicles is to avoid the license plate and speed limit, as well as to save fuel, while the main restriction for acquiring them is the lack of chargers in the users' homes and the lack of a massive public charging infrastructure. This is how strategies are proposed that involve all the actors of the mobility ecosystem, where more benefits are extended to consumers and sellers of electric vehicles and are accompanied by new public policies that encourage the improvement of the infrastructure of private and public charging networks.

Keywords: Promoting, demand, supply, electric vehicles, strata 4, 5, 6, Bogotá, tax, non-tax strategies, behavior, motivations, perceptions, preferences, consumers, public policies, measures, potential consumers, charging stations, internal combustion engines, sample, online survey, demographic variables, vehicle maintenance expenses, technology, market, national government, statistical analysis, STATA software, cluster analysis, characterizations, peak and plate restrictions, fuel savings, chargers, public charging infrastructure, mobility ecosystem, benefits, sellers, new public policies, incentivize, improvement, private charging infrastructure, public charging infrastructure.

Introducción

Los primeros vehículos eléctricos se fabricaron en la segunda mitad del siglo XIX. Desde entonces, la competencia entre ellos y los motores de combustión ha ido en aumento, y hoy en día, se puede observar que los vehículos de energías alternativas superan ampliamente las expectativas de ventas en todo el mundo (Ríos y Barrera, 2017, p.13).

Este aumento considerable en las ventas e interés en energías alternativas está relacionado con las cero emisiones directas que producen, en comparación con la combustión de hidrocarburos en los motores térmicos que genera residuos directos en vapor de agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2). Además de otros compuestos tóxicos como: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos (H_xC_y), entre otros que impactan el medioambiente. Aunque los primeros gases no son tóxicos, su emisión masiva (CO_2) a la atmósfera contribuye al aumento del efecto invernadero y la temperatura media del planeta (Ríos y Barrera, 2017, p.14).

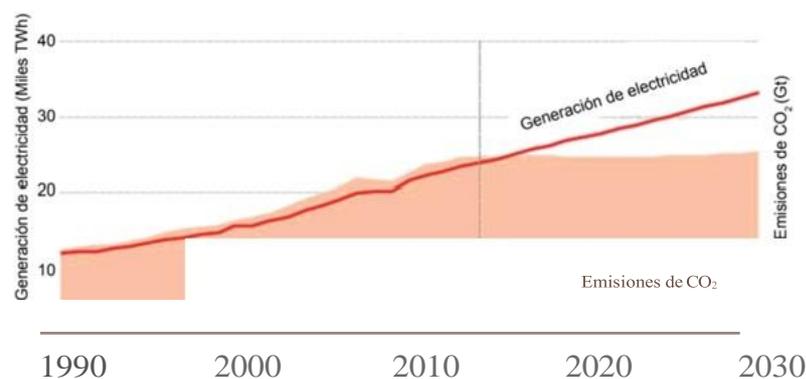
Según la ONU (2021), la temperatura de la Tierra ha aumentado en $1,1^\circ C$ desde finales del siglo XIX, siendo la última década (2011-2020) la más cálida registrada. Esto ha llevado a que la temperatura promedio del planeta alcance niveles preocupantes que exigen la toma de decisiones y acciones frente a las “emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático como el dióxido de carbono y el metano, los cuales provienen del uso de la gasolina en los vehículos de combustión interna” (United Nations, 2021).

De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de promover energías alternativas a nivel mundial y, por esta razón, los gobiernos están implementando políticas y normativas más estrictas y severas relacionadas con la emisión de CO_2 y demás gases por parte de los automóviles, con el fin de mitigar las problemáticas antes mencionadas y aprovechar la creciente competitividad de los vehículos eléctricos (EV). Esto debido a que en algunas

regiones ya son una opción rentable para los consumidores, por lo cual, resultan fundamentales para alcanzar las metas establecidas en el sector del transporte. De hecho, estas normativas han obligado los productores de vehículos a adoptar *nuevas tecnologías* que incluyen otras fuentes de energía menos contaminantes; algunos ejemplos de marcas que se destacan como pioneras son: Toyota, Honda, Tesla, Mitsubishi, Lexus, Mercedes, entre otros (Ríos y Barrera, 2017, p.14).

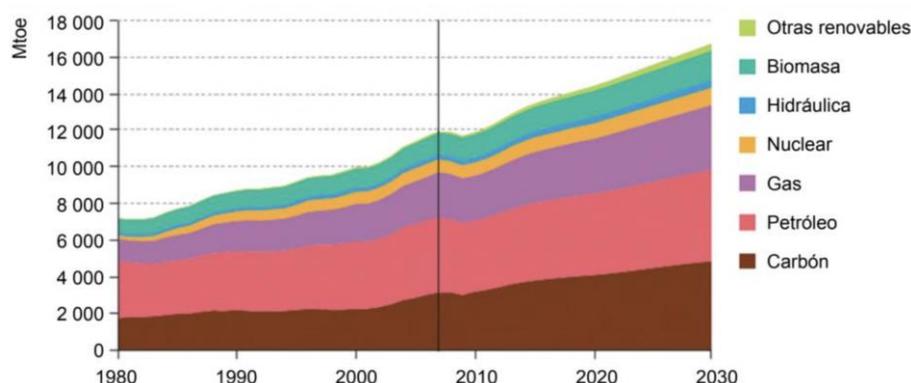
En esa línea, la Agencia Internacional de la Energía (IEA) publica anualmente un informe acerca del estado de la producción de energía en el mundo llamado World Energy Outlook. Según el informe publicado en 2015, se estima que la demanda de energía mundial para 2030 será muy alta, como se muestra en las siguientes gráficas, lo que indica que el modelo de producción actual es insostenible y se hace necesario la obtención de nuevas fuentes de energía y la diversificación de la producción.

Figura 1 *Estimación de producción mundial de energía eléctrica en comparación con la estimación de emisiones de [CO₂]*



Nota. Tomado de World Energy Outlook (2015)

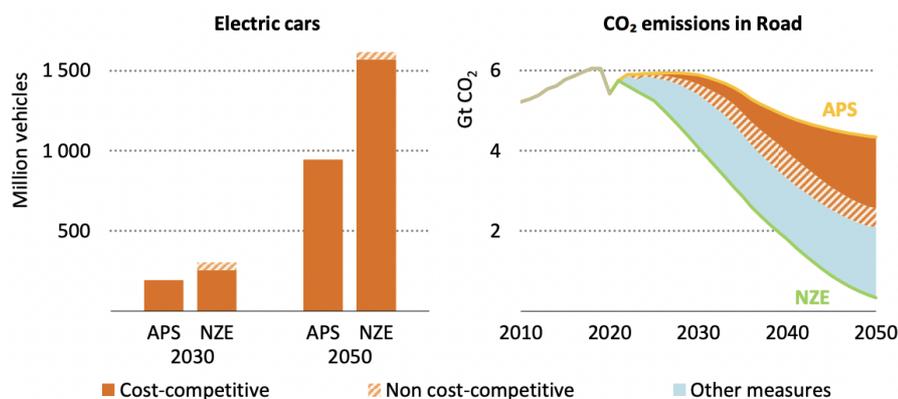
Figura 2 *Estimación de la producción de energía mundial*



Nota. Tomado de NEDO (New Energy Industrial Technology Development Organization), (2017)

En el informe de la Agencia Internacional de Energía —IEA por sus siglas en inglés—, de 2021, los vehículos eléctricos evidencian un gran potencial económico en diferentes segmentos, entre ellos, los vehículos de carretera a nivel mundial. Se estima que, si se ignoran las barreras no económicas, la flota mundial de automóviles eléctricos podría alcanzar de manera rentable más de 250 millones para 2030, lo que representa un aumento del 30 % en comparación con los escenarios de compromisos anunciados —APS por sus siglas en inglés— y sólo alrededor de un 15 % menos que en emisiones netas cero —NZE por sus siglas en inglés—, como se muestra en la siguiente gráfica. (World Energy Outlook, 2015)

Figura 3 Costo competitivo de stock de EV en 2030 y 2050- Reducción de emisiones de CO₂ en el transporte de carretera hasta 2050 por escenario



Nota. Tomado de IEA (2021). Otras medidas incluyen la eficiencia energética, la demanda evitada; así como el impacto del cambio de combustible a combustibles distintos de la electricidad, incluida la bioenergía y los combustibles a base de hidrógeno.

En consonancia con lo anterior, ya son muchos los países, principalmente los desarrollados, como se ha esbozado en las páginas anteriores, que han optado por las tecnologías alternas de los EV, los PHEV o los HEV, ya que, estas permiten reducir la emisión de CO₂ y disminuir la demanda de combustible en el sector de transporte urbano, “factores clave para el cambio climático y la seguridad energética” (Gómez-Mesino et al., 2020, p. 2) que significarán, en un futuro próximo, el reemplazo de los vehículos de combustión interna (ICV).

Sin embargo, aún existen algunas barreras que impiden una implementación más amplia, en especial, en las economías de mercados emergentes y en desarrollo, y es necesario abordarlas. En primer lugar, está el precio: menos del 10 % de los modelos EV disponibles en el mercado mundial cuestan menos de 15.000 USD. En segundo lugar, la infraestructura de carga pública es insuficiente, debido a que las economías de mercados emergentes y en

desarrollo representan actualmente solo el 0,3 % del total de la infraestructura de carga pública instalada. Además, estas economías dependen del mercado mundial de automóviles de segunda mano, una situación que las deja rezagadas en relación con los avances tecnológicos de las economías avanzadas (World Energy Outlook, 2021, pp.146-147). Por lo tanto, la rápida adopción de vehículos eléctricos livianos dependerá, no sólo de las medidas gubernamentales que se tomen, sino, indudablemente, de la infraestructura de carga pública dentro de las ciudades.

De allí que sea necesario que los gobiernos no sólo establezcan e implementen políticas sólidas, sino que también participen como entes facilitadores en la red de servicios que incentiven el consumo de EV en cada país, para el favorecimiento de “nichos tecnológicos y políticas regulatorias (aranceles y subsidios) e institucionales (investigación y desarrollo)”. (Dulcich et al., 2019, p. 24) que, en el contexto actual de desarrollo tecnológico, globalización y preocupación por tecnologías limpias, estén en sintonía con las grandes transformaciones que la cadena automotriz está experimentando a escala global: “el creciente rol de China como productor de vehículos; y la difusión internacional de las regulaciones que incentivan el desarrollo y adopción de “tecnologías verdes”, y que en el sector se plasmaron en el desarrollo de los vehículos eléctricos (Evs, por sus siglas en inglés)” (Dulcich et al., 2019, p.22).

1.1 Participación de Colombia en el mercado de los vehículos eléctricos

De acuerdo con el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), el número de vehículos eléctricos en Colombia ha experimentado un incremento significativo en los últimos años. En 2018, se registraron 3.847 unidades, mientras que en 2019 y 2020 las cifras ascendieron a 7.108 y 10.612, respectivamente. De acuerdo con el boletín de prensa 002 de 2021 del RUNT, el 53% (5.643) de estos vehículos son ciclomotores, el 16% (1.726) son

automóviles, el 13% (1.377) son motocicletas y el 18% (1866) restante corresponde a camiones, buses, busetas y microbuses. A pesar de este aumento, el parque automotor eléctrico representa solamente el 0,07% del total de vehículos en Colombia, que, en 2021, era de 16.042.336.

Para 2021, la cifra presentó un aumento significativo, mes a mes, gracias a los incentivos dispuestos, cerrando en diciembre con un total de 22.182 unidades de parque automotor eléctrico; lo que representa un incremento del 109% en comparación con el año anterior. (Ministerio de transporte, 2021). Sin embargo, si se analizan las cifras en términos generales, el número de EV en Colombia es muy bajo en relación con el parque automotor registrado en el RUNT y en el Ministerio de Transporte.

Es importante resaltar que, según el Boletín de Vehículos Nuevos de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), a cierre de 2022 se registraron 262.338 vehículos matriculados en Colombia. Las regiones que presentaron mayor número de nuevos registros fueron Cundinamarca y Bogotá (53.791 y 50.145 respectivamente). De estos, 27.834 fueron vehículos eléctricos e híbridos, lo que representa un 10,6% del total de matriculados. Aunque esta cifra indica un aumento del 25.5% con respecto al año anterior, (22.182) se sigue evidenciando una baja participación de este tipo de tecnologías en comparación con el parque automotor total del país que, para el 2022, asciende a 18.082.451 vehículos, según el RUNT y el Ministerio de Transporte.

En relación con las ventajas que ofrece un vehículo eléctrico, según estudios realizados en 2019 por Enel - Codensa, “un motor eléctrico es hasta seis veces más eficiente que uno de combustión fósil; además, tienen un costo de mantenimiento y de combustible menor”. No obstante, la baja participación comparadas con el total del parque automotor de estos EV no sólo en Colombia, sino a nivel mundial, se debe a que se presentan varias

desventajas, en especial, como se mencionó al inicio de esta sección. la ausencia de puntos de recarga, y el tiempo que esto toma, generando en las personas temor a quedarse sin energía eléctrica en plena carretera (Acevedo y Morales, 2020, pp. 247-248).

En relación con lo expuesto anteriormente, la presente investigación busca identificar las razones principales por las cuales se da una baja participación de vehículos eléctricos en Bogotá tanto en la oferta como en la demanda para los estratos sociales 4, 5 y 6, pese al aumento presentado en el consumo de este tipo de bienes durante los últimos cuatro años; a su vez, encontrar estrategias que incentiven el consumo de este tipo de vehículos desde el análisis y explicación de los principales factores que influyen en este fenómeno a partir de datos y cifras confiables obtenidas en literatura especializada, fuentes académicas y trabajo de campo

2. Planteamiento del Problema

A pesar de que las estimaciones realizadas por Frost & Sullivan (2015) preveían un número cercano de 6,500 unidades de vehículos eléctricos registrados para el año 2023, Colombia ha superado estas cifras y cerró el 2022 con 27.845 unidades matriculadas en todo el país. Sin embargo, en el caso de Bogotá, la participación en el mercado de los vehículos eléctricos sigue siendo muy baja en comparación con otras ciudades, ya que, sólo representa el 0.18% del total de registros realizados hasta diciembre de 2022, de acuerdo con la información publicada por Andemos —12.385 unidades de HEV, BEV y PHEV— y el parque automotor incluido en el RUNT —Registro Único Nacional de Tránsito— (Ministerio de Transporte, 2023) que alcanzó los 6,948,593 vehículos distribuidos en automóviles, camionetas, camiones, busetas, buseta, entre otros.

De acuerdo con Hjorthol (2013) y Lieven (2011), este comportamiento podría estar relacionado con la falta o ausencia de prestación de servicios para este tipo de vehículos, entre otros, la escasez de estaciones de carga; una situación que se convierte en una barrera para la adquisición de este tipo de bienes, dado el poco o nulo respaldo con el cual contarían los usuarios. A este se sumarían, la falta de garantías en los servicios de posventa, la incertidumbre sobre los valores de recompra de los vehículos, el desconocimiento sobre los beneficios tributarios, los impuestos asociados a estos, así como los elevados costos de los vehículos nuevos y la falta de información sobre los diferentes tipos de tecnologías ofrecidas por los fabricantes; lo que daría lugar a una percepción errónea de que los vehículos eléctricos son sólo asequibles para personas con un alto poder adquisitivo.

Según el Informe Mundial de Calidad del Aire de IQAIR (2021), Colombia ocupa el puesto número 72 en el ranking con un promedio de 14,1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM₂₅ que excede casi en tres veces el nivel permitido por la Organización Mundial de la Salud —WHO por sus

siglas en inglés— (WHO), el cual debe encontrarse entre 0-5($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM25. La ciudad de Bogotá no es ajena a dicha problemática y ocupa el puesto número 67 en el ranking de ciudades con un promedio de 13,7 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM25. Debido a estas altas mediciones en la calidad del aire, el gobierno distrital ha tomado medidas que contribuyan a la mejora de la calidad del aire, entre otras, los cambios progresivos de vehículos de combustión por vehículos eléctricos, tal y como sucedió en 2021, cuando “Bogotá adquirió 1.485 buses eléctricos para reemplazar los buses diésel que se utilizaban; un cambio significativo dado ya que el 28% de las emisiones del país provienen del transporte” (UNEP, 2021).

En el contexto anterior, surge la necesidad de implementar una cadena logística más robusta que logre suplir las necesidades de los posibles compradores y consumidores de vehículos eléctricos en Colombia, en especial, en la ciudad de Bogotá; con los propósitos de contribuir al aumento exponencial de vehículos eléctricos, ayudar a mitigar la problemática medioambiental que se atraviesa a nivel mundial, y mejorar la calidad del aire y de vida de la población objeto de estudio.

3. Justificación

Durante el último siglo, la Tierra ha experimentado cambios climáticos significativos, en gran medida, por el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), debido a que, “los combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón o el gas, son la fuente principal de carbono, mientras que el transporte terrestre es el responsable del 17% de las emisiones dióxido de carbono en todo el mundo” (Petit y Prudent, 2010, en Acevedo y & Morales, 2020, p. 246).

A lo anterior, se suma el aumento de la población a nivel mundial para la cual, el uso del transporte se volvió imprescindible tanto en las ciudades como en la conexión entre ellas. Sin embargo, esta necesidad ha llevado, no sólo al aumento significativo en las emisiones de carbono, sino de los niveles de contaminación y un eminente calentamiento global sin precedentes.

Para el caso de Colombia, Acevedo y Morales (2020) señalan que la

Base de Datos para la Investigación Atmosférica Global (EDGAR, por sus siglas en inglés) de la Comisión Europea, a 2015, Colombia emitía 1,7 toneladas de CO₂ per cápita (Joint Research Centre, 2016b), lo que equivale al 0,22% del total mundial (Joint Research Centre, 2016a). (pp.246-247)

La cifra anterior es comparable con la de países de desarrollo similar, aunque es menor en relación con los países desarrollados. De acuerdo con cifras publicadas por el IDEAM —Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales—, en 2016. Colombia tuvo un aumento cercano al 15% en sus emisiones de CO₂, pasando de 245 millones de toneladas en 1990 a de CO₂ a 281 millones en 2010. En este período, el sector del transporte fue responsable del aumento de las emisiones, pasando de 19 millones de toneladas a 28 millones.”. Según, Acevedo y Morales (2020), “los resultados son

proporcionales al tamaño de la población y de la actividad comercial e industrial, teniendo en cuenta la distribución a nivel de departamentos y regiones. (, pp. 246-247)

Sin embargo y a pesar de estar por debajo del 1% del total mundial, estas cifras también indicarían que una buena alternativa para la disminución de las emisiones de CO₂ en el país, por parte del sector transporte y la minimización de su impacto ambiental, sería la adquisición de vehículos más limpios, eficientes y amigables con el Planeta y los ciudadanos.

No obstante, es importante considerar también los posibles impactos ambientales que pueden derivarse del uso de los vehículos eléctricos, ya que, en algunas ciudades, la principal fuente de generación de energía todavía proviene de combustibles fósiles y, a pesar de que los vehículos eléctricos se perciben como amigables con el medioambiente, capaces de mejorar la calidad de vida y reducir la contaminación atmosférica, hay preocupación sobre el impacto medioambiental negativo que pueden tener los residuos de las baterías y las emisiones asociadas con la producción de electricidad en un territorio determinado, tal como y se ha presentado en casos como Hong Kong (Delang y Cheng, 2012).

En ese sentido y si bien se habla de movilidad sostenible y vehículos eléctricos como una opción no contaminante debido a emisión 0 de gases, es importante tener en cuenta que durante el proceso de fabricación de sus baterías se realizan procesos contaminantes y se usan materiales tóxicos como (plomo-ácido, níquel-cadmio, níquel-zinc, NiMH, zincbromo, zinc-cloro, zinc-aire, sodio-azufre, sodio-metal cloruro, Li-ion, entre otros (Triana, 2017). Después de cumplir su vida útil como proveedoras de energía temporal y estable, las baterías plomo-ácido que se utilizan en vehículos motorizados “se convierten en desechos peligrosos, ya que, son corrosivas, tóxicas e irritantes, lo cual representan un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente” (Martínez, 2005, en Cuenca y Gomezcoello, 2021, p.10).

En relación con lo anterior, algunos fabricantes de automóviles, como Volvo, han indicado que la producción de vehículos eléctricos puede generar una mayor huella de carbono que los de gasolina y Diesel, debido a la complejidad y los recursos necesarios para elaborar baterías de iones de litio usadas en los EV. Según Volvo (2021), la producción de esas baterías puede generar hasta siete toneladas adicionales de emisiones de CO₂, en oposición, a las cero emisiones que se generan mientras se conducen, lo que contribuye, de forma significativa, a la reducción de la contaminación del aire y a la lucha contra el cambio climático.

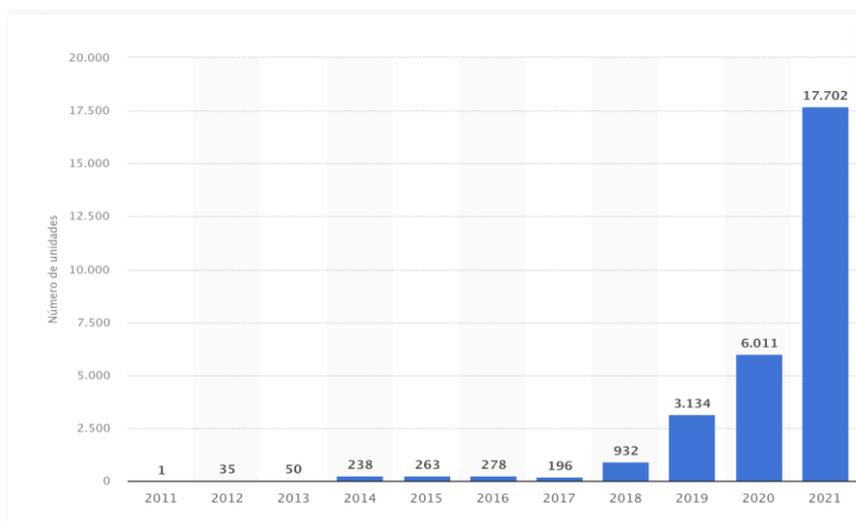
En esa misma línea, también es necesario no perder de vista que la generación de energía eléctrica es un proceso contaminante que se deberá focalizar en la sustitución de energías fósiles por energías limpias. Además, hay que considerar que cuando un EV llega al final de su vida útil, es necesario retirar y reciclar adecuadamente sus baterías, lo que representará un desafío a futuro, ya que, actualmente, no se cuenta con la infraestructura necesaria para manejar las baterías en desuso, lo que puede convertirse en una nueva problemática si la venta de estos vehículos sigue aumentando en el futuro (Triana, 2017).

En una revisión de las cifras mundiales, se encontró que, según la Agencia Internacional de Energía, los vehículos eléctricos puros representan el 64% de la flota mundial de automóviles eléctricos, lo que indica, un incremento en su uso a nivel mundial, debido, principalmente, al desarrollo tecnológico de las baterías, las políticas establecidas por algunos países para incentivar la demanda y la reducción de los costos. De acuerdo con la Revista CIDET (diciembre, 2019), En 2018, la mayor cantidad de EV se encontraban en la República Popular de China (45%), seguido de Europa (24%), Estados Unidos (22%) y los demás países (9%).

Mientras que, según la misma Revista CEDIT, para el 2022, los líderes en vehículos eléctricos a nivel mundial son, en primer lugar, China, debido a las fuertes políticas y estrategias implementadas, y, en segundo lugar, Noruega. Asimismo, según esta revista, solo tres países superan el 1% de participación de vehículos eléctricos: Islandia (3,3%), Holanda (1,9%), Suecia (1,6%) y China (1,1%), cifras que son directamente proporcionales a la población y el total del parque automotor de cada país.

Ahora bien, si los datos se centran en Colombia, se puede evidenciar que el mercado de vehículos eléctricos e híbridos ha tenido un crecimiento significativo. Según cifras publicadas en Statista, en 2021, se vendieron en el país más de 17.000 unidades, lo que representa un incremento superior al doble, en comparación con el volumen de ventas registrado en 2020. Durante ese mismo año, el fabricante japonés Toyota lideró el mercado de ventas de este tipo de vehículos, alcanzando una cuota de mercado de más del 31%, como se muestra en la siguiente gráfica (Statista, 2022).

Figura 4 *Número de vehículos híbridos vendidos en Colombia 2011- 2021*



Nota. Tomado de Statista (2022).

De acuerdo con la información anterior y luego de investigar acerca del número de vehículos que, en la actualidad, están registrados en Bogotá, ciudad objeto de estudio, se encontró una tendencia creciente muy interesante e, incluso, inesperada en un periodo tan atípico como la pandemia por COVID-19. De acuerdo con cifras publicadas por el RUNT (Registro Único Nacional de Tránsito), en 2021, se presentó un aumento significativo mes a mes, gracias a los incentivos dispuestos, cerrando en diciembre con un total de 17.702 HEV. (Ministerio de transporte, 2021).

Sin embargo, aunque se ha registrado un crecimiento en las ventas de vehículos eléctricos en Colombia, la cifra aún sigue siendo relativamente baja. De acuerdo con cifras de la ANDI y FENALCO (2022), de un total de 250.272 vehículos vendidos en el año 2021, solo 4.849 unidades fueron EV y 17.702 se distribuyeron en VEH y PVEH. Aunque los crecimientos con respecto al año 2020, fueron del 1,7% y 248% para los VEH y los PVEH respectivamente, aún representan sólo el 7,1% del total de ventas del año 2021 (ANDI - FENALCO, 2022). Ahora bien, es importante destacar que en el año 2022 se mantuvo una tendencia alcista, con un total de 27.836 unidades de EV, VEH y PVEH vendidas a cierre de diciembre, lo que indica un incremento de 147% y 67%, respectivamente, en comparación con el año inmediatamente anterior (ANDI-FENALCO, 2023).

De acuerdo con la información anterior, las 27.836 unidades de EV, VEH y PVEH que circulan en el país, se encuentran registradas, en su mayoría, según el RUNT, en cuatro departamentos Antioquia, Cundinamarca, Santander y Valle del Cauca y, en Bogotá, ciudad capital que ocupa el primer lugar, como se presenta a continuación:

Tabla 1 Número de VE, VEH y PVEH registrados en las principales ciudades de Colombia

Ciudad	VE	VEH y PVEH
Bogotá	3.795	15.463
Antioquia	2.494	8.773
Cundinamarca (sin incluir Bogotá)	738	2.553
Valle del Cauca	469	1.924
Santander	214	1.481

Nota. Tomado de Ministerio de Transporte (junio de 2022).

Figura 5 Regiones de Colombia con mayor ingreso de Vehículos eléctricos

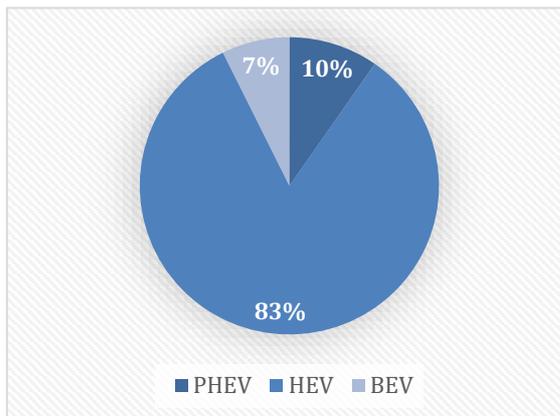
Nota. Tomado de Ministerio de Transporte (junio de 2022).

Estas cifras indican que para fomentar y lograr la integración de estas tecnologías en las diferentes regiones y potenciar el rol dominante que tiene Bogotá con el 49% de los vehículos eléctricos y el 51% de los vehículos híbridos del total del país, es indispensable tomar medidas relacionadas con infraestructura, reducción de impuestos a la importación y venta de EV y VEH, entre otras que hagan atractivo este nicho de mercado.

Además, generar una concientización sobre los beneficios ambientales y económicos que ofrecen estos vehículos; así como programas de capacitación para los clientes potenciales y las personas involucradas en los diferentes niveles de esta cadena automotriz. De esta forma, se podría lograr una transición energética que reduzca la dependencia de los combustibles fósiles, disminuya las emisiones de gases de efecto invernadero y se garantice una movilidad más sostenible en el país.

En ese sentido, sería indispensable que los posibles usuarios o compradores tuvieran más conocimiento sobre los motores eléctricos utilizados en EV, ya que, estos deben poseer propiedades imperativas como fácil manejo, bajo costo de mantenimiento y gran control por parte del propietario. De hecho, los motores que generalmente utilizan los productores de vehículos eléctricos son: 1) Corriente continua DC —por las iniciales en inglés *Direct Current*—; 2) motores de inducción; 3) síncronos de imán permanente PMS —por las iniciales en inglés *Permanent Magnet Synchronous*—; 4) de reluctancia conmutada SMR —por las iniciales en inglés *Switched Reluctance Motors*— y 5) sin escobillas de imán permanente —por las iniciales en inglés *Permanent Magnet Brushless DC and AC Motors*—. (Bhatt et al, 2019, pp. 5-6). Se ha demostrado que los motores más utilizados son los de inducción y sin escobillas (PM), mientras que los de inducción son los más inteligentes entre los eléctricos.

Figura 6 *Distribución de vehículos híbridos y eléctricos matriculados en Colombia 2021*



Nota. Elaboración propia a partir del Informe de Andemos, diciembre 2021.

3.1 Oferta y demanda de vehículos eléctricos en Colombia

Con el ánimo de incentivar la oferta y demanda de EV en Colombia, los Ministerios de Ambiente y Minas y Energía han implementado algunas estrategias como las que se mencionan en la Tabla 2. En ese sentido y según estudios de la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos), como resultado de las medidas gubernamentales puestas en marcha, en 2019 “se vendieron 3.134 vehículos eléctricos en sus diferentes variantes, lo cual, comparado con los últimos dos años (196 y 932 unidades en 2017 y 2018 respectivamente), muestra una importante tendencia al alza” (Acevedo y Morales, 2020, p. 248).

En esa línea, es importante mencionar que, desde el 2009, se ha venido desarrollando en Colombia un marco regulatorio para la transición energética sostenible en el País.

Además, desde 2019, se ofrecen algunos incentivos significativos para la compra y uso de los vehículos eléctricos en el país, entre los que se encuentran:

Tabla 2 Síntesis del Marco regulatorio colombiano sobre VE, VEH y PVEH

Ley 023 de 2010	Ley 1383 de 2010	Resolución 186 de 2012	Decreto 1116 de 2017	Ley 1964 de 2019
Establece que los vehículos eléctricos y de cero emisiones estarán exentos de las medidas de restricción a la circulación vehicular en cualquiera de sus modalidades que la autoridad de tránsito local disponga (pico y placa, día sin carro, restricciones por materia ambiental, entre otros).	Establece “un descuento en el valor de la Revisión Técnico-Mecánica y de emisiones contaminantes a los vehículos eléctricos”. La tarifa de descuento se establecerá teniendo en cuenta que estos vehículos tienen un equipamiento tecnológico diferente y no generan emisiones de gases contaminantes. Declara que las compañías aseguradoras del sector financiero y cooperativo deben dar un descuento del diez (10%) en las primas de los seguros SOAT (Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito) de los vehículos eléctricos objeto de dicha Ley.	Establece incentivos fiscales para la reconversión tecnológica de la flota vehicular y el uso de sistemas de transporte híbridos y eléctricos.	Indica que los EV tienen cero impuestos y un impuesto sobre las ventas del 5%, mientras que los vehículos híbridos tienen una tasa arancelaria del 5% y un impuesto al consumo del 8% o 16%, en caso de exceder un precio de US 30.000.	Establece las tarifas aplicables al impuesto de los EV, las cuales, “no podrán superar en ningún caso, el uno por ciento (1%) del valor comercial del vehículo”.

Nota. Elaboración propia a partir del marco regulatorio colombiano sobre EV y VEH.

Adicional a lo anterior, un Decreto más reciente, 191 de 2021, en su Parágrafo 2, indica que los parqueaderos preferenciales habilitados, para el uso de vehículos eléctricos, podrán disponer de infraestructura de carga, acorde con la capacidad de suministro de energía

eléctrica del lugar; y, además, deberán estar identificados con logotipo y color para fácil visualización: “el color de fondo verde y un pictograma representado por la letra P de parqueo, adicionado por un cable con enchufe o clavija de corriente en color blanco”. (Presidencia de la República de Colombia, 2021). En ese mismo sentido, las entidades públicas y los establecimientos comerciales que ofrezcan al público sitios de parqueo deberán destinar un porcentaje mínimo del dos por ciento (2%) del total de plazas de parqueo habilitados, para el uso preferencial de vehículos eléctricos.

Pero, a pesar de los beneficios ofrecidos por el Gobierno Nacional, las marcas comercializadoras consideran que estos beneficios son insuficientes para incrementar la oferta y demanda de los vehículos eléctricos, así que proponen nuevas medidas e incentivos. Entre las propuestas planteadas se encuentran: descuentos en la compra de EV, gracias a subsidios del Estado; reducción del impuesto al valor agregado (IVA); subsidio para la compra de cargadores; eliminación del costo de la matrícula; peajes gratuitos; servicio de parqueadero sin costo, entre otros. (Proyecto de ley en Cámara número 243 de 2018 y Proyecto de Ley en Senado número 75 de 2017, por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones, sancionadas por la Ley 1964 de 2019) (Acevedo y Morales,2020, p.249).

De acuerdo con lo anterior, es importante incentivar la construcción de estaciones de carga rápida para satisfacer la demanda de vehículos eléctricos y garantizar la disponibilidad de cargadores, Según el artículo 9 de la Ley 1964 de 2019, “en los municipios de categoría especial, excluyendo a Buenaventura y Tumaco, se debe garantizar la existencia de que existan en mínimo, cinco (5) estaciones de carga rápida”. Al mismo tiempo, los comercializadores también deben cumplir con lo establecido en el artículo 11 de la misma “todas las empresas importadoras de vehículos eléctricos o híbridos deben garantizar el

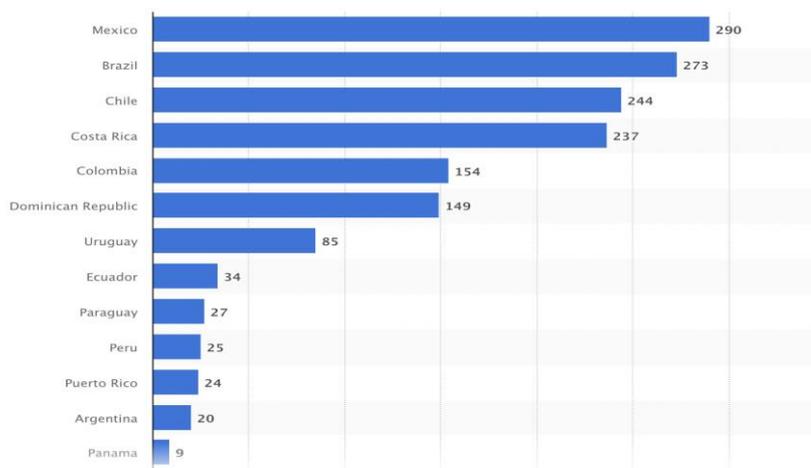
importe de autopartes y repuestos para los vehículos de estas características”, así como brindar las garantías para cada una de las marcas vendidas. (Ceballos et al., 2016, p.173).

En consecuencia, entre más evoluciona el mercado de vehículos eléctricos, “surge la necesidad de considerar paralelamente todo lo relacionado con el sistema de recarga (tanto económica como tecnológicamente), dadas las implicaciones que tiene en la red eléctrica que soporta dicho sistema” (Ceballos et al., 2016, p.173).

Al revisar el número de estaciones de carga para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe hasta octubre de 2021, se encontró que México es el país con más estaciones de carga, registrando 290 puntos de recarga en todo su territorio. Por otro lado, Colombia sólo cuenta con el 53% de México y solo el 9,80% del total en la región, lo que evidencia la necesidad de crear estaciones en el país, tal como se puede ver en la Figura 7. Además, se observó que los puntos de recarga se concentran principalmente en Bogotá, Medellín, Manizales y Cali.

De acuerdo con la anterior información, para estudiar el impacto de EV sobre la red eléctrica en una ciudad, “deben contemplarse elementos como: información de la red de distribución base, la caracterización del perfil de consumo de los clientes, la caracterización de los datos del vehículo eléctrico y la determinación de la carga total y cargabilidad de la red” (Ceballos et al., 2016, p.158).

Figura 7 Total de estaciones carga para VE y PVEH en América Latina y el Caribe



Nota. Tomado de Statista (2022).

En línea con lo anterior, no se debe dejar de lado la producción de energía en las estaciones de carga para ser distribuida en Bogotá, ya que, según estudios realizados por un grupo de investigadores de la Empresa de Energía del Pacífico S.A,

quienes más consumen energía eléctrica en las principales ciudades del país para recarga de estos vehículos —bicicletas, motocicletas y vehículos particulares— son los estratos 4, 5 y 6, y las horas más comunes son entre las 5PM y 11PM, en un día gde semana promedio. (Ceballos et al., 2016, p.165)

En ese orden de ideas, se debe mencionar que el costo promedio por kilovatio hora (kWh) de energía eléctrica es de COP 536 (Enel-Codensa, 2019), y para cargar un VE como Renault Twizy se requieren 6 kWh (COP 3216; USD 1,1), cantidad con lo que se recorren 80 km. En contraste, un galón de gasolina en Colombia cuesta COP8.900 y, para recorrer 80 km, se requieren 2,2 galones (COP 19 580; USD 6,5). (Acevedo y Morales, 2020, p. 259).

De hecho, los precios de la electricidad residencial en Colombia influyen directamente en las decisiones de los consumidores tanto a corto como a largo plazo. Para el

Gobierno colombiano, el componente de subsidio de los precios es una carga fiscal importante y creciente. Las distorsiones tarifarias son más notorias que antes, debido a las nuevas tecnologías para la producción y el consumo de electricidad, en particular, los vehículos eléctricos (McRae y Wolak, 2020, p. 46). De allí que se considere prudente reevaluar la estructura tarifaria de la electricidad en el contexto actual, dado que se está presentando una tendencia alcista en la demanda de EV en el país.

En este contexto, parece que la maximización de beneficios para los comercializadores de energía estará más orientada por criterios económicos que técnicos, en especial, si se ignoran los cambios del costo unitario de prestación del servicio, en el corto plazo. No obstante, es necesario tener en cuenta que los comercializadores de energía podrían obtener beneficios adicionales del uso de EV y PHEV en Colombia, los cuales, deberían ser tenidos en cuenta al momento de fijar políticas y aspectos regulatorios orientados a la masificación de este tipo de vehículos en el país. (Rojas et al., 2019, p. 235)

Como es de conocimiento, en Colombia, la generación de electricidad proviene principalmente de centrales hidroeléctricas ubicadas en zonas aisladas; además, las centrales térmicas tienen un alto costo debido a la adquisición de combustibles. A esto se suma que, una vez generada la energía, es transportada a través del sistema de transmisión y distribución que llega a los usuarios finales. (Rojas et al., 2019, p.235)

En este sentido, la incorporación de puntos de carga en los hogares conducirá a la participación de los consumidores, ya que, ellos cargarán las baterías de sus vehículos con energía de la red eléctrica, Por esta razón, resulta necesario y atractivo contar con tarifas de electricidad por hora que permitan la compra de energía durante los momentos de baja demanda y alta oferta, para, luego, venderla en momentos de alta demanda. (Gómez et al, 2020, pp. 3-7)

En relación con lo anterior. “los consumidores buscan reducir los costos asociados a los EV o híbridos, los cuales, son cada vez más comunes. Sin embargo, los ciclos de carga de las baterías, según Deilami,

“tienen un impacto considerable en la red de distribución de energía eléctrica, debido a la enorme cantidad de energía eléctrica necesaria para cada ciclo de carga, causando inmensos e indeseables picos en la demanda de este bien. Por lo tanto, la gestión de la operación de los vehículos eléctricos en la red de distribución es un desafío para el lado de la demanda. (2011, en Dávila M. A., Trujillo, C. L. y Gaona, E. E., 2019)

En esa misma línea, Deilami indica que lo más probable es que la mayoría de los propietarios de EV regresen a su casa después del trabajo y conecten, simultáneamente, sus vehículos a la red eléctrica en una hora de alta demanda. Este perfil de carga descoordinado y aleatorio podría sobrecargar, considerablemente, la red de distribución, lo que provocaría fluctuaciones de tensión, una oferta insuficiente de energía eléctrica y un incremento en la cantidad de cortes de esta. (2011, en Dávila M. A., Trujillo, C. L. y Gaona, E. E., 2019)

Es importante, tener en cuenta que el ahorro de carga del vehículo eléctrico está directamente relacionado con los hábitos de conducción del usuario; así que el análisis del consumo de energía eléctrica no solo dependerá de las horas pico, sino también de los hábitos de manejo del usuario que están ligados al número de horas necesarias para realizar el proceso de carga (2011, en Dávila M. A., Trujillo, C. L. y Gaona, E. E., 2019).

Finalmente, es importante mencionar que la presente investigación se enfocará en los estratos 4, 5 y 6, en función de los ingresos de los consumidores y los precios de los EV. Esta selección se respalda en información obtenida en diferentes fuentes, entre otras, la base de datos extraída de la Revista Motor de marzo de 2022, la cual evidencia que el precio promedio de este tipo de carros en Colombia es de COP 260 millones, mientras que el

modelo más económico del listado tiene un precio de COP 50 millones. Por lo tanto, se considera relevante analizar la demanda potencial de estos vehículos en los estratos socioeconómicos más altos, a fin de comprender mejor las barreras y oportunidades para la adopción de tecnologías más limpias en Colombia.

4. Pregunta de investigación

¿Cuáles serían las estrategias para impulsar un aumento en la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos sociales 4, 5 y 6?

4.1 Hipótesis

H1: Si bien se ha dado un aumento en la demanda de EV en Bogotá durante los últimos tres años, su baja participación en el parque automotor se debe a varios factores, entre ellos: la falta de conocimiento de estas tecnologías por parte de los consumidores, el elevado precio de los vehículos que se comercializan en el mercado por parte de los concesionarios y los altos costos asociados con su mantenimiento.

H2: Si bien ha habido un aumento en la demanda de EV en Bogotá, su baja participación en el parque automotor durante los últimos tres años obedece, principalmente, a la ausencia de estaciones de servicio de carga en la ciudad y en los lugares de residencia de los potenciales propietarios.

H3: Si bien ha crecido la demanda de EV en Bogotá, su baja participación con respecto al parque automotor durante los últimos tres años se debe a que no hay conocimiento por parte de los consumidores acerca de las políticas nacionales y distritales.

H4: Se tiene la percepción de que la contaminación disminuirá gracias al aumento en el número de unidades de vehículos eléctricos en Bogotá.

H5: Los consumidores tienen temores relacionados con el servicio postventa que prestan los concesionarios de vehículos eléctricos en el país, los cuales incluyen: garantías, disponibilidad de repuestos y mano de obra calificada para las reparaciones necesarias. Además, existe incertidumbre frente a la reventa de EV, debido a la vida útil de las baterías, el desecho de estas y las evoluciones de nuevas tecnologías.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Diseñar estrategias tributarias y no tributarias para la estimulación de la oferta y la oferta de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6.

5.2 Objetivos específicos

- Estudiar el comportamiento de la demanda y la oferta de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6 a partir de un análisis descriptivo de las mismas.
- Identificar las políticas gubernamentales nacionales y distritales acerca del uso, venta e importación de vehículos eléctricos.
- Analizar el impacto ambiental de la venta y consumo de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6, así como la disposición final de las baterías.
- Proponer estrategias de mercadeo para incentivar la compra y venta de vehículos eléctricos en consumidores con una percepción negativa teniendo en cuenta las prácticas adoptadas por las empresas comercializadoras de estos bienes y servicios desde la venta y mantenimiento hasta el suministro de energía para su carga.

6. Metodología

La presente investigación es de carácter exploratorio. En ese sentido, la metodología utilizada para su desarrollo consiste en un *análisis descriptivo y de Clúster*, con el propósito de recopilar información y caracterizar la demanda y oferta de los vehículos eléctricos (EV), los híbridos (HEV) y los híbridos enchufables (PHEV) en Bogotá para los estratos 4,5 y 6.

En la recolección de la información demanda, se aplicará una encuesta a una muestra por conveniencia —muestreo no aleatorio— de 200 personas de los estratos 4, 5 y 6 residentes en la ciudad de Bogotá que aún no posean estos vehículos y estén dispuestos a adquirirlos. Esta encuesta hará énfasis en los objetivos

En cuanto a la oferta, se realizarán tres entrevistas a los principales concesionarios de vehículos eléctricos en la ciudad para obtener información detallada sobre: el comportamiento de consumo de EV en Bogotá en los estratos de estudio; los beneficios tributarios y/o arancelarios ofrecidos por el Gobierno nacional para los EV; las estaciones de carga en puntos estratégicos de la ciudad; el conocimiento de los consumidores sobre el impacto ambiental de este tipo de bienes y, finalmente, los temores de los consumidores frente a garantías, repuestos y reventas de EV.

Las preguntas sobre la demanda estarán dirigidas exclusivamente a las personas que estén considerando la adquisición de vehículos eléctricos o que no los posean; la mayoría de ellas serán tipo cerrada, es decir, a partir de un conjunto de respuestas establecidas deberán elegir, sí o no; en otros casos, un solo ítem de una lista de múltiples opciones. Se formularán preguntas abiertas para recopilar información solo en aquellos casos que se requieran.

Adicional a lo anterior, se utilizarán entrevistas a concesionarios de vehículos eléctricos y análisis documental de las políticas gubernamentales relacionadas con el tema, con el fin de complementar la información recopilada por medio de la encuesta y obtener un panorama más completo de la situación de los vehículos eléctricos en Bogotá. De esta manera, se espera que los resultados obtenidos permitan diseñar estrategias tributarias y no tributarias que incentiven la oferta y demanda de vehículos eléctricos en la ciudad.

De igual manera, se llevará a cabo una investigación explicativa con el objetivo de comprender las razones existentes detrás de la baja participación de EV en relación con el parque automotor de Colombia, a pesar del crecimiento de la demanda durante los últimos tres años. También se explorarán las relaciones entre las variables dependientes e independientes de este ejercicio de investigación.

En el anexo 1 se presentan las preguntas de la encuesta, diseñadas para los objetivos específicos e hipótesis vinculados en cada caso. Es importante destacar que tanto el objetivo específico 2 como el objetivo 3 también se abordarán por medio de una revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre el tema de estudio; en el primer caso, el énfasis se hará en las políticas públicas sobre EV implementadas por el Gobierno Distrital y Nacional; mientras que en el segundo, se analizará la percepción que tienen los habitantes de Bogotá acerca del impacto ambiental que se produciría si se aumenta el consumo de vehículos eléctricos en la ciudad.

Luego del análisis de los resultados de la encuesta y la revisión de la literatura disponible sobre el tema, se diseñarán estrategias de mercadeo para incentivar la compra y venta de vehículos eléctricos en Bogotá para estratos 4, 5 y 6. De esta forma, se daría respuesta satisfactoria al objetivo general de este ejercicio de investigación propuesto en el marco de la Maestría en Administración de Empresas.

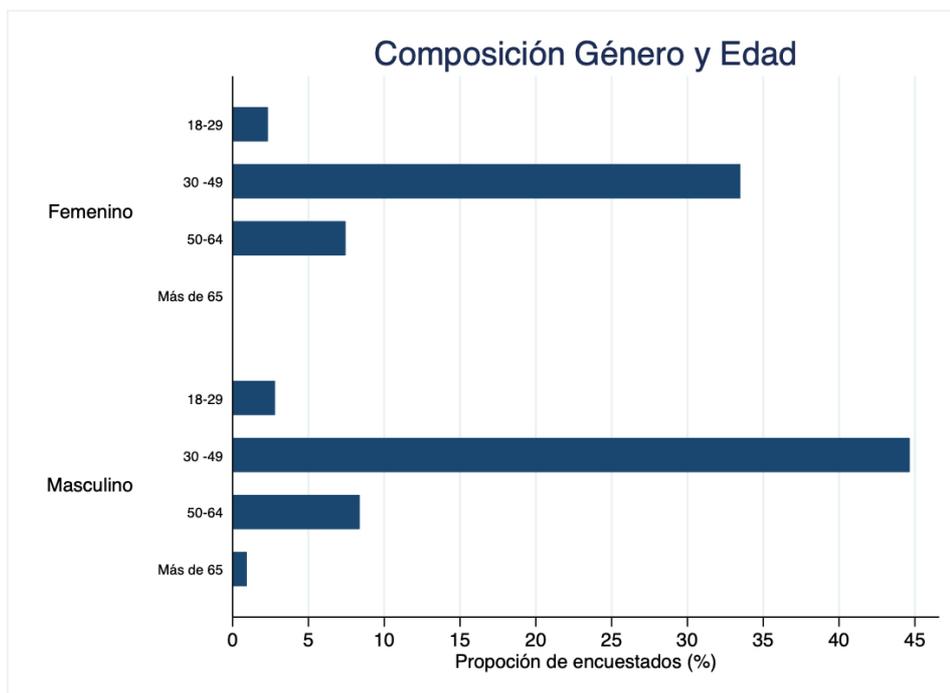
7. Análisis de Resultados de la Encuesta

Dentro de la encuesta se plantearon un total de veintiséis (26) preguntas divididas en tres capítulos, estructurados de la siguiente manera:

- Capítulo I. Se plantearon siete preguntas que permiten identificar el perfil demográfico de las personas encuestadas.
- Capítulo II. Se realizaron seis preguntas que permiten identificar los intereses y motivaciones a la hora de comprar un vehículo, así como los hábitos de uso y de gasto para los usuarios de vehículos en la ciudad de Bogotá.
- Capítulo III. Se hicieron trece preguntas que buscaban evidenciar el nivel de conocimiento de las personas encuestadas sobre los vehículos eléctricos.

7.1 Capítulo I. Análisis descriptivo

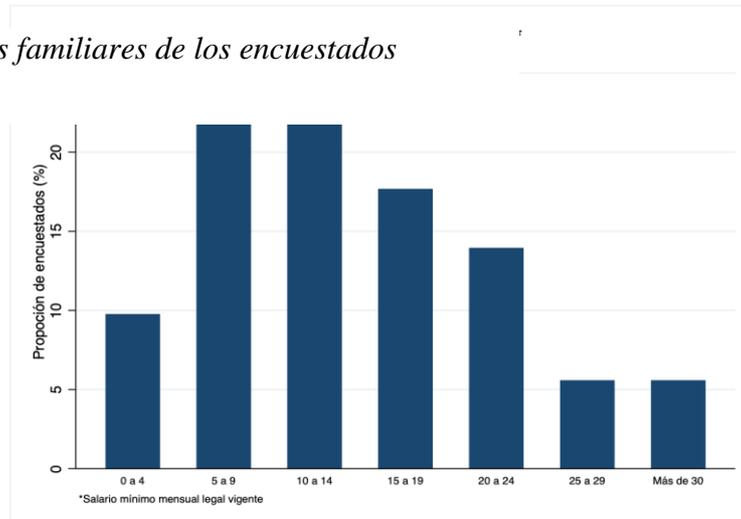
Las primeras siete preguntas permiten identificar y entender el perfil demográfico de las personas encuestadas. La muestra seleccionada constó de 213 personas, de los cuales el 56,8% eran hombres y 43,2% eran mujeres. Además, se encontró que el 78,4% de los encuestados se encuentran en un rango de edad entre 30 y 49 años, el 15,5% entre los 50 y 64 años, mientras que solo el 5,2% están entre los 18 a 29 años.

Figura 8 *Composición de género y edad*

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

En la encuesta también se encontró que, el 53,5% de los participantes están casados, mientras que el 30,5% están solteros y el 16% restante viven en unión libre, son divorciados o viudos. Además, se observa una amplia variedad de datos en cuanto a la profesión de los encuestados, ya que, abarca una variedad de sectores: seguros, tecnología, financiero, comercial, comunicaciones, entre otros.

Asimismo, se encontró que el 24,9% tienen un salario que oscila entre los 10 y 14 SMMLV, mientras que el 22,5% tiene un salario entre 5 y 9 SMMLV. El 67,5% restante tiene ingresos superiores a los 10 SMMLV y el 42,6% de la muestra gana más de 15 SMMLV. Solo el 9,9% de los encuestados tiene ingresos inferiores a 4 SMMLV.

Figura 9 *Ingresos familiares de los encuestados*

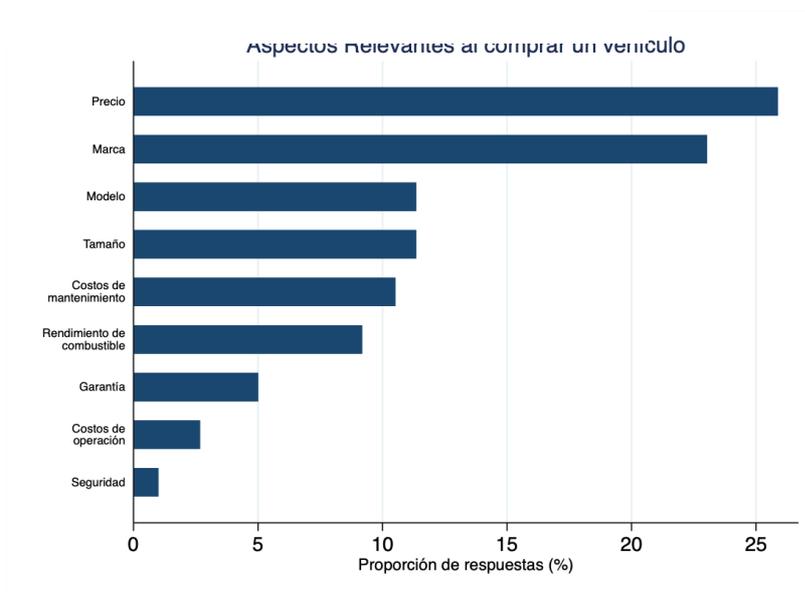
Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Finalmente, en términos demográficos, se puede destacar que, de las 213 personas encuestadas, 198 de ellas tienen vehículo en su hogar, lo que representa un 93% de la muestra; solo el 7% no cuenta con un vehículo, pero manifestaron su motivación para comprar uno que contribuya con la mejora en la calidad del aire.

7.2 Capítulo II. Análisis descriptivo

Con los resultados obtenidos de las seis (6) preguntas correspondientes a este capítulo, se pudieron identificar los intereses y hábitos de los usuarios de vehículos en la ciudad de Bogotá, los cuales, muestran el grado de conocimiento de las personas encuestadas acerca de vehículos. Gracias a estos, se encontró que los aspectos más relevantes que se tienen en cuenta al momento de comprar un vehículo son: el precio, la marca, el tamaño y el modelo.

Figura 10 Aspectos relevantes en la compra de un vehículo



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Por otro lado, el número más frecuente de kilómetros recorridos diariamente en el vehículo está entre 11 y 30 Km (46,5%), seguido por un 37,9% que no recorren más de 10 km al día, mientras que el 15% de los encuestados recorren más de 31 km diariamente.

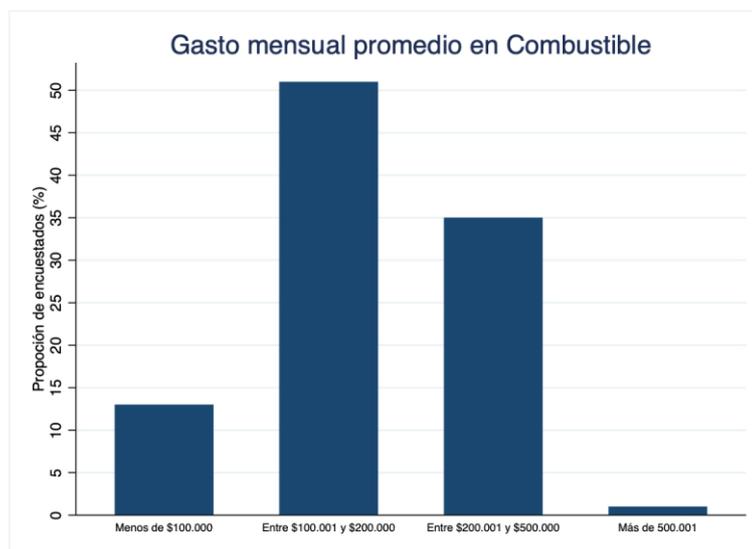
Figura 11 Recorrido diario promedio en Km



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Adicionalmente, más de la mitad de las personas encuestadas (51,5%) pagan entre \$100.000 y \$200.000 mensuales por el combustible de su vehículo, mientras que el 34,8% consume entre \$200.000 y 500.000. Por su lado, el 12,6% gasta menos de \$100.000 y solo 1.1% más de \$500.000.

Figura 12 *Gasto promedio mensual en combustible*



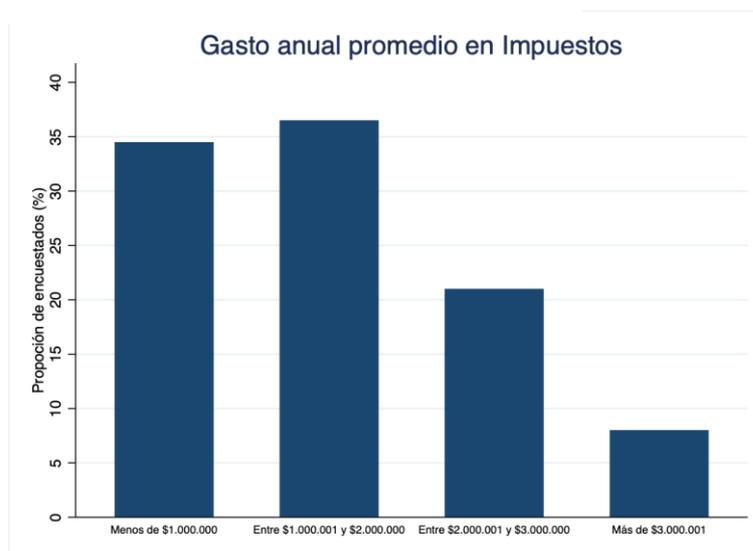
Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

En relación con el gasto anual en mantenimiento del vehículo, los resultados de la encuesta evidencian que el 37,4% de la muestra gasta entre \$500.000 y \$1.000.000, mientras que otro 37,4% paga más de \$1.000.000 al año. Por otro lado, el 25,3% dedica menos de \$500.000 de sus ingresos al mantenimiento de carro.

Ahora bien, en cuanto al gasto anual de impuestos —vehículos automotores—, el 36,4% paga entre \$1.000.000 y \$2.000.000, seguido del 34,8% que gasta menos de

\$1.000.000. Asimismo, el 20,7% pagan entre \$2.000.000 y \$3.000.000 y solo el 8,1% más de \$3.000.000.

Figura 13 *Gasto anual promedio en impuestos*



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Por último, la mayoría de las personas encuestadas (59,1%) indican que, para su próximo vehículo, el motor de su preferencia sería híbrido, mientras que un 26,8% prefieren eléctrico y solo un 13,1% son más conservadores y eligen quedarse con los tradicionales —de gasolina—.

7.3 Capítulo III. Análisis descriptivo

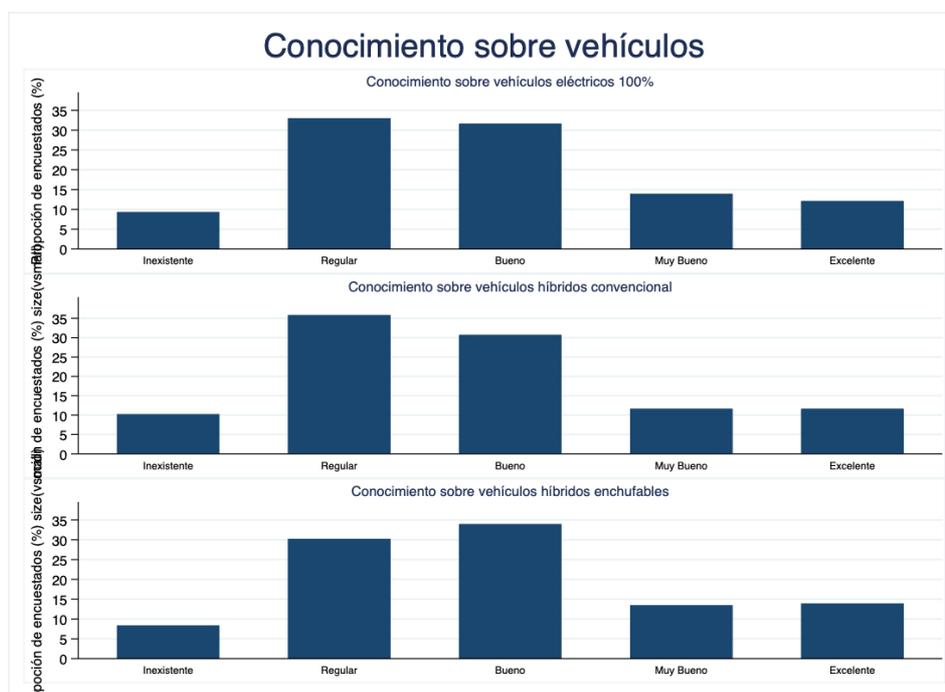
Los resultados obtenidos de este grupo de trece (13) preguntas permitieron identificar el nivel de conocimiento de los encuestados sobre las diferentes tecnologías y políticas públicas de vehículos eléctricos (EV) existentes en el mercado, la percepción del consumidor sobre los vehículos eléctricos (EV) y las diferentes motivaciones para adquirir ese tipo de tecnologías; así como el posicionamiento de las marcas que ofrecen EV en Bogotá en el

mind-set del consumidor y las principales barreras a la hora de decidirse por la adquisición de este tipo de bienes.

Al evaluar el nivel de conocimiento sobre los diferentes tipos de tecnologías que ofrece el mercado de los vehículos eléctricos (EV), se evidenció que, en promedio, el 57,44% expresa tener un conocimiento de excelente a bueno sobre los tres tipos tecnología ofrecidos por el mercado, mientras que el 42,56% manifiesta tener entre regular e inexistente.

Únicamente, el 25,35% de los encuestados manifiesta tener un conocimiento entre excelente y muy bueno.

Figura 14 *Conocimiento sobre vehículos*

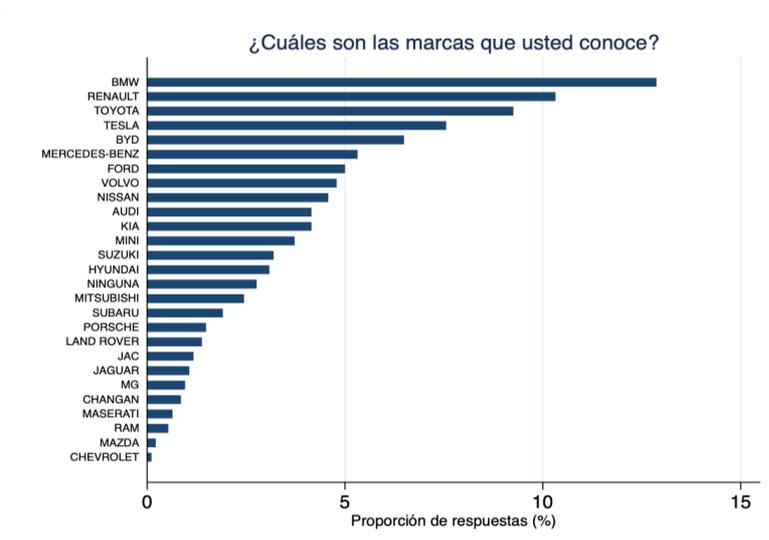


Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Por otro lado, las tres principales opciones con las que los encuestados relacionan los vehículos eléctricos (EV) son: conciencia con el cambio climático con un 85,4 %, ahorros 67,1% y recarga 51,2%.

Además de las marcas que comercializan vehículos eléctricos (EV) en Bogotá, las tres que tienen un mejor posicionamiento y reconocimiento en el consumidor son: BMW, Renault y Toyota.

Figura 15 Conocimiento de las marcas comercializadoras de EV



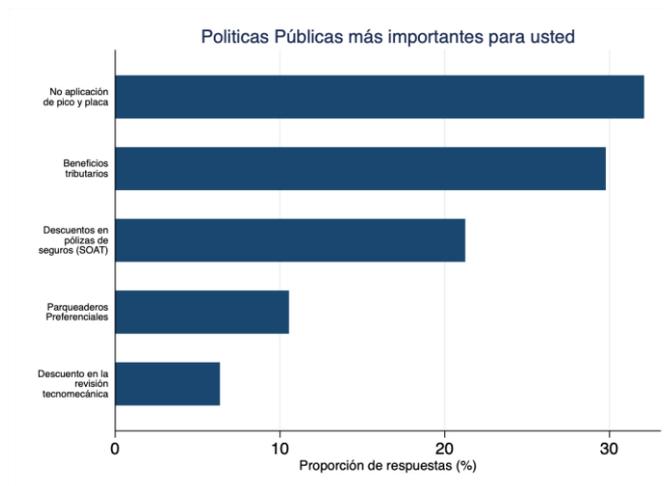
Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Ahora bien, del total de los encuestados, 130 personas (61%) manifiestan tener conocimiento acerca de las políticas públicas que buscan incentivar la adquisición de vehículos eléctricos (EV), mientras que 83 personas (39%) indican no tenerlo.

Dentro de las políticas públicas que otorgan beneficios por tener un vehículo eléctrico (EV), las que tiene mayor importancia para los encuestados, son, en primer lugar, el beneficio de no aplicación del pico y placa; en segundo lugar, los beneficios tributarios; en tercer lugar,

los descuentos en las pólizas de seguros; por último, los menos significativos, corresponden a los descuentos en las revisiones tecno-mecánica y el derecho a parqueaderos preferenciales.

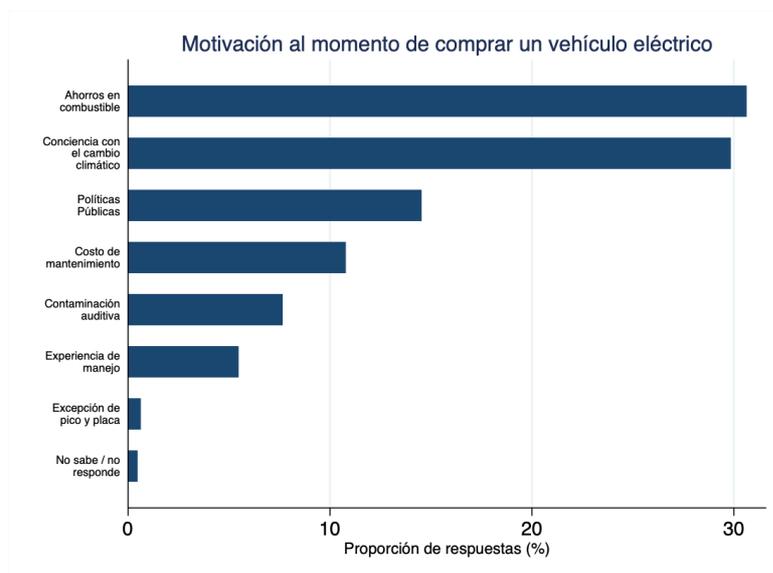
Figura 16 *Conocimiento de las marcas comercializadoras de EV*



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

En línea con lo anterior, para los encuestados, los motivadores más importantes a la hora de comprar un EV son: el ahorro de combustible, seguido por la conciencia del cambio climático y, por último, las políticas públicas. Las menos importantes son la experiencia de manejo, la contaminación auditiva y los costos de mantenimiento.

Figura 17 Motivación al momento de comprar un vehículo

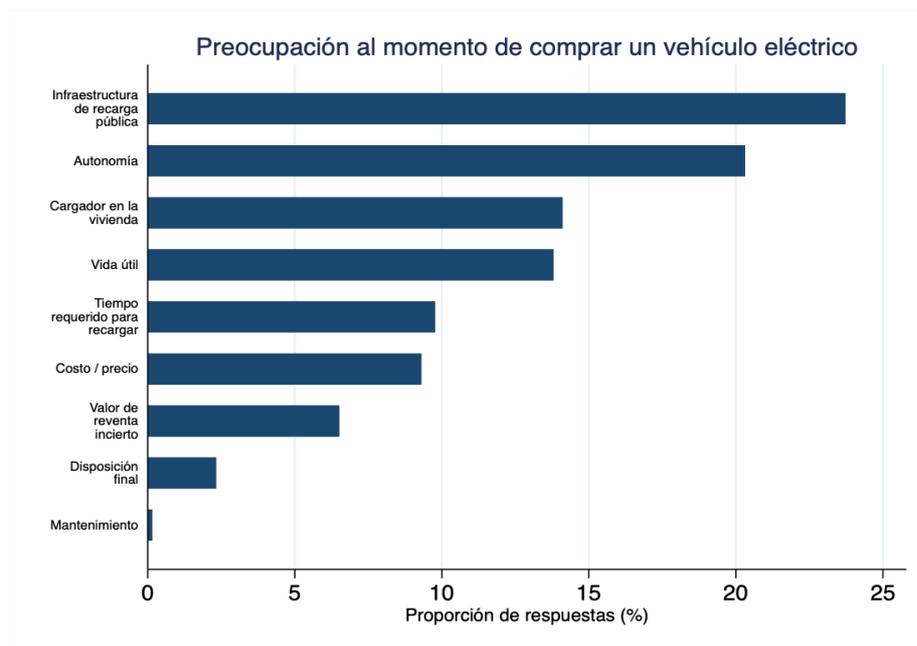


Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Al consultarle a los encuestados sobre si cambiarían su decisión de comprar un vehículo eléctrico en caso de que la electricidad utilizada para la movilidad tuviera un precio similar al de los combustibles fósiles actuales, el 48,8% de las personas respondieron afirmativamente, mientras que el 35% aseguraron no cambiar su decisión de compra y el 16% no sabía cómo reaccionar ante esa situación.

Al indagar acerca de las razones que más preocupan a las personas en caso de adquirir vehículos eléctricos (EV), se encontró que la mayoría eligieron la infraestructura de recarga pública como la más importante, seguida por la autonomía de las baterías y, por último, el cargador en su hogar. También se evidencia que las de menos preocupación son: el mantenimiento, la disposición final de baterías y el valor de reventa incierto (postventa).

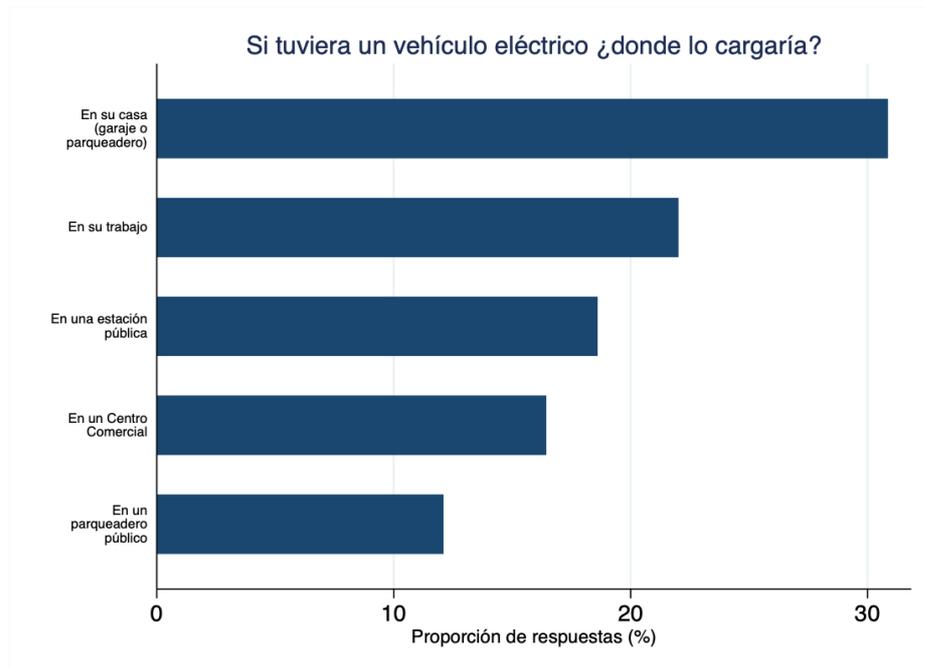
Figura 18 Preocupación al momento de comprar un EV



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

En cuanto a las preferencias de recarga de los vehículos eléctricos (EV), la casa o parqueadero privado son los lugares predilectos, seguido por la posibilidad de recargar en el trabajo y, por último, las estaciones públicas de recarga. Los centros comerciales y parqueaderos públicos son los menos preferidos por los consumidores.

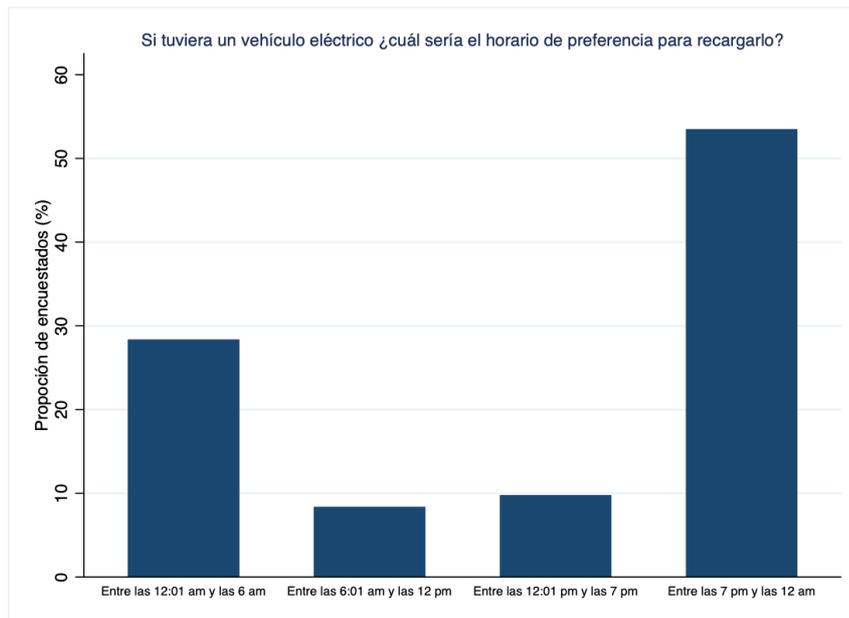
Figura 19 Lugares preferidos para la recarga de EV



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

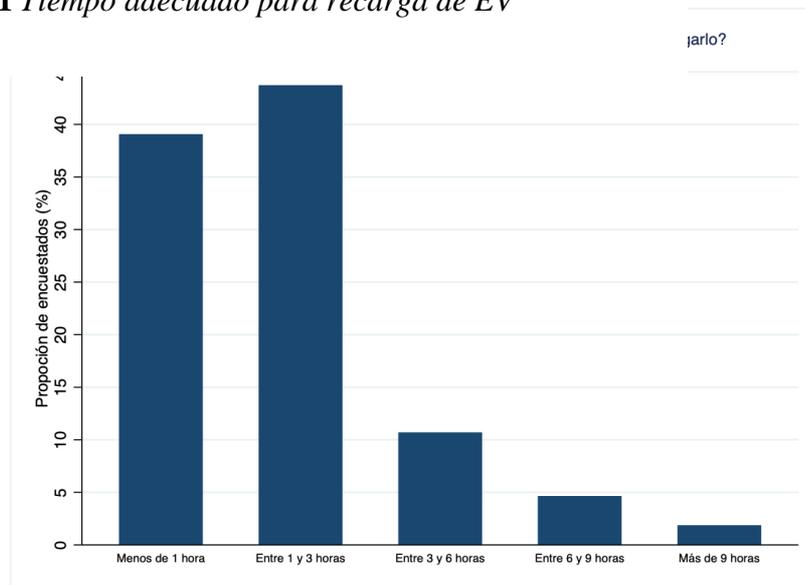
En cuanto a los horarios de recarga preferidos por los consumidores, se encontró que el nocturno es el más apetecido con un 81,3%, mientras que el 17,9% de las personas eligió el horario diurno.

Figura 20 Horarios de preferencia para la recarga de EV



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

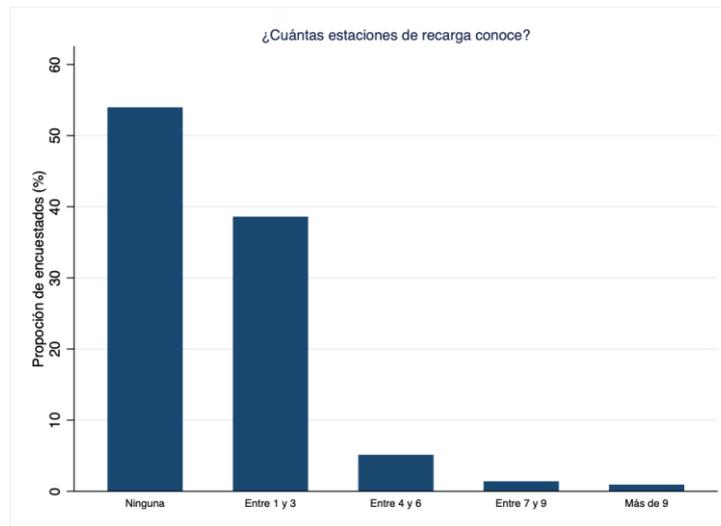
Con respecto a los tiempos esperados de carga, el 83,5% de las personas considera que para cargar su vehículo eléctrico (EV) al 100%, el tiempo adecuado debe ser menor a 3 horas, mientras que el 16,5% restante considera apropiados tiempos superiores.

Figura 21 *Tiempo adecuado para recarga de EV*

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

En la actualidad, Bogotá posee 38 estaciones de carga; el 54,0% de los encuestados desconoce su ubicación, el 38% tiene conocimiento solamente de 1 a 3 estaciones; mientras que solo el 0,9% conoce la ubicación de más de nueve estaciones en la ciudad.

Figura 22 *Conocimiento sobre estaciones para recarga de EV*



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Para finalizar, el 66,2% de las personas encuestadas afirma no tener conocimiento sobre el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico (EV); solo el 33,8% afirma tener conocimiento al respecto.

7.4 Capítulo IV. Análisis de Clúster

En principio, previo al ajuste del modelo de Clúster, se debe elegir la cantidad de segmentos o clústeres que se tendrán en cuenta. Para esto, se implementan dos métodos basados en las distancias dentro de cada uno de los segmentos. Los índices calculados son el de Calinski-Harabasz y Duda–Hart, basados en la relación entre la separación entre clúster y la similitud dentro de estos, proponen entre 4 y 5 grupos, dado que son los asociados a los valores más altos.

De acuerdo con los autores mencionados, para la selección del número de clústeres adecuados según el conjunto de datos dado, se tuvieron como referencia los trabajos *The application of Calinski-Harabasz index to determine the optimal number of clusters in*

customer segmentation” (2017) de Alfaro, R. M., Rueda, AM y Ortiz, E.L, publicado en *Procedia Computer Science* y “*Clustering Algorithm Selection Based on a Comprehensive Performance Metric*” (2021) de Nguyen, T.H y Nguyen, T.D y , incluido en la 6th International Conference on Information Technology and Intelligent Transportation System.

Tabla 3 Método Calinski / Harabasz y Método Duda / Hart para definir el número de Clústeres

Number of clusters	Calinski/ Harabasz Pseudo -F	Duda / Hart	
		Je (2) / Je (1)	Pseudo T- squared
2	0.31	0.9986	0.31
3	0.29	0.9980	0.26
4	1.52	0.9497	4.19
5	1.19	0.9974	0.21
6	0.96	0.9983	0.07
7	1.07	0.9724	1.39
8	1.05	0.9814	1.08
9	1.10	0.9414	1.43
10	1.07	0.9695	0.69
11	0.98	0.9924	0.26
12	0.96	0.9778	0.80
13	0.89	0.9940	0.16
14	0.92	0.9175	1.80
15	1.04	0.9060	2.18
		0.9718	0.70

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

De esta forma y teniendo en cuenta los métodos de Duda / Hart y Calinski-Harabasz para determinar el número óptimo de clústeres, se decide realizar el análisis con cuatro para la muestra dada, ya que, el coeficiente más alto de Calinski es de 1.52 y el de Duda / Hart es de 99.74. Para respaldar esta elección, se generó un dendograma que muestra la estructura de

Tabla 4 Segmentación obtenida por método Matching

Clúster ID	Freq.	Percent	Cum.
1	110	51.16	51.16
2	25	11.63	62.79
3	54	25.12	87.91
4	26	12.09	100.00
Total	215	100.00	

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla 5 Segmentación obtenida por método Jaccard. (Elegido)

Clúster ID	Freq.	Percent	Cum.
1	94	43.72	43.72
2	32	14.88	58.60
3	55	25.58	84.19
4	34	15.81	100.00
Total	215	100.00	

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Posteriormente, al comparar los resultados de segmentación por ambos métodos se opta por la matriz de distancia de Jaccard al presentar una mejor separación de los clústeres, pues, aunque el Índice Jaccard es un método similar al simple matching coefficient (SMC),

la diferencia radica en que, el SMC, tiene el término M_{00} en el numerador y denominador, mientras que el índice de Jaccard no. Esto significa que SMC considera como coincidencias tanto si el atributo está presente en ambas partes, como si no lo

estuviera; mientras que Jaccard solo cuenta como coincidencias cuando el atributo está presente en ambos, o en términos matemáticos de conjuntos: La distancia de Jaccard ($1 - J$) supera a la simple matching distance en aquellas situaciones en las que la coincidencia de ausencia no aporta información. (Correa, 2021)

Después de ajustar el modelo, se obtuvieron cuatro (4) clústeres; el primero compuesto por 94 personas, lo que representa un 43.72% del total, seguido del clúster número 3 con 55 personas (25.58%); en el tercer lugar, se encuentra el clúster 4 con 34 personas (15.81%) y en la última posición, se encuentra el clúster 2 con 32 personas, representando el 14.88%.

Luego de realizar las tabulaciones sobre cada una de las hipótesis en función de las preguntas planteadas en la encuesta —Ver anexo 1—, se pudieron realizar las caracterizaciones para cada uno de los clústeres.

8. Caracterizaciones de los Clúster

El clúster No.1 corresponde a un grupo de personas con buenos ingresos, a quienes les interesa el precio. Están dispuestos a adquirir vehículo con motor híbrido, ya que, conocen estas tecnologías. Para ellos, el ahorro de combustible es el principal factor de interés. No son muy conscientes del cambio climático y aunque conocen ciertas estaciones, optan por cargar el vehículo en su vivienda en el horario nocturno, esperando un tiempo menor a 3 horas.

Las personas de este grupo tienen conocimiento de los beneficios del Estado para los propietarios de vehículos eléctricos, en los que se destacan el pico y placa, los tributarios tributarios y el descuento en SOAT. En su mayoría desconocen el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico. Además, es un grupo que recorre, en promedio, entre 11 y 30 km por día; son el clúster que más gasta en sus obligaciones, ya que, pagan anualmente en impuestos entre 1 millón COP y 3 millones COP y más de 1 millón en mantenimiento. Destinan mensualmente en gasolina entre 100 mil COP y 500 mil COP.

Clúster 2. Se destaca por ser el grupo con mayores ingresos y muy buen conocimiento de las tecnologías de EV, características que los hace estar dispuestos a adquirir un EV en su próxima compra. Aunque este grupo no relaciona mucho los altos precios de este tipo de vehículos, son conscientes de la importancia del medioambiente, y, por lo tanto, consideran este factor como su principal motivo de compra; continuarían con su decisión a pesar de que la electricidad tuviera un costo similar al de los combustibles fósiles.

En relación con la infraestructura de recarga pública, la mitad de este grupo conoce estaciones de recarga; sin embargo, prefiere recargar el vehículo en su vivienda o lugares públicos como estaciones o parqueaderos, esperando una carga inferior a una hora y realizándolo entre la noche y la madrugada.

Es un grupo conocedor de los beneficios del Estado por tener EV, siendo los más significativos el pico y placa, los tributarios y los parqueaderos preferenciales, restándole importancia a los descuentos en SOAT y tecno-mecánica. Además, la mayoría conoce el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico. Recorren en promedio, menos de 10 Km por día, gasta menos de 1 millón COP en impuestos y más de 1 millón COP en mantenimiento. Destinan mensualmente entre 100 mil COP y 500 mil COP al combustible.

Clúster 3. Este grupo se caracteriza por tener menores ingresos, por lo cual, son sensibles al precio a la hora de adquirir un vehículo. Por esta razón, estarían dispuestos a comprar uno con motor híbrido a gasolina, dado que relacionan los EV con precios elevados. Los motivadores que les impulsan a comprar este tipo de bienes, están relacionados con el ahorro de gastos como el de combustible y mantenimiento; sin embargo, si estos costos llegaran a ser similares a los de los vehículos que utilizan combustibles fósiles, su decisión podría cambiar. Es el grupo con más integrantes y están muy preocupados por la recarga de baterías. Aunque la mitad de ellos conoce la ubicación de las estaciones, prefieren utilizar el cargador de su vivienda y la infraestructura de recarga que ofrecen los centros comerciales.

Es un grupo conocedor de los beneficios del Estado por tener EV, siendo los más significativos el pico y placa, los tributarios y el descuento del SOAT. La mayoría desconoce el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico. Recorren entre 11 a 30 Km por día, gasta entre 1 millón y 2 millones COP en impuestos y 300 mil a 1 millón COP en mantenimiento. Destinan mensualmente entre 100 mil COP y 500 mil COP al combustible.

Clúster 4. Este es un grupo heterogéneo en términos de ingresos. Están interesados en los motores híbridos y tienen conocimientos generales sobre ellos. La mayoría no conocen ninguna estación de recarga pública, por lo cual, les preocupa la infraestructura de ésta. Se inclinan por recargar en casa, el trabajo o en un centro comercial, con un tiempo estimado de menos de 3 horas.

Es el único grupo que, en su mayoría, no conoce los beneficios del Estado por tener EV; y, por ende, están interesados en todos: pico y placa, tributarios y descuento en el SOAT, parqueaderos preferenciales etc.

La mayoría conoce el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico. Recorren menos de 30 km diarios; gastan al año menos de 1 millón COP en impuestos y entre 500 mil COP y 1 millón COP en mantenimiento, mientras que destinan mensualmente entre 100 mil COP - 200 mil COP al combustible.

Las tabulaciones realizadas sobre los clústeres permiten sugerir que la muestra de la hipótesis 1 planteada es falsa, ya que, el conocimiento de los tipos de tecnologías no es una de las razones para la baja participación de los EV en Bogotá en relación con el parque automotor durante los últimos tres años, mientras que el alto precio de los vehículos y su elevado costo de mantenimiento sí han sido factores determinantes.

No se rechaza la hipótesis 2 referida a la baja participación de los EV en Bogotá con respecto al parque automotor durante los últimos tres años, ya que, obedece a la ausencia de estaciones de servicio de recarga en la ciudad, en especial, en los lugares de residencia de los usuarios. En ese sentido, las principales preocupaciones de los clústeres se centran en la escasez de puntos de recarga en sus hogares o en lugares públicos, debido a la falta de una red pública sólida y eficiente.

Existe un nivel de conocimiento aceptable en los clústeres en relación con las políticas públicas nacionales y distritales; se destaca la excepción sobre las restricciones a la movilidad generadas por el pico y placa como la política pública de mayor recordación por parte de los consumidores. Estas evidencias permiten rechazar la hipótesis 3, la cual afirma que la baja participación con respecto al parque automotor de EV en Bogotá se debe a la falta de conocimiento por parte de los consumidores sobre las políticas nacionales y distritales para este tipo de vehículos.

Con respecto a la hipótesis 4, acerca de la percepción de que la contaminación disminuirá gracias al incremento en el número de unidades de vehículos eléctricos en Bogotá, está no se cumple, pues, se comprobó en la revisión de literatura, que el desecho de baterías es bastante contaminante, dado que no se cuenta con la infraestructura adecuada para reciclarlas. Además, en la encuesta se obtuvo que, la mayoría de las personas, no tienen mucho conocimiento del proceso de fabricación, uso y disposición final de lo EV; por tanto, su decisión de compra podría verse afectada. Sin embargo, es importante resaltar que esta no es una razón concluyente para tomar la decisión de adquirir este tipo de vehículos.

Para la hipótesis 5, la cual plantea la existencia de temores por parte de los consumidores relacionados con el servicio postventa que prestan los concesionarios que venden EV, así como con la reventa de EV, los resultados de la encuesta muestran que los principales temores están relacionados, en primer lugar, con las autonomías que pueden ofrecer las baterías de este tipo de vehículos sobre los recorridos realizados diariamente y, en segundo lugar, con la carencia de las estaciones de recarga, ya sean de una red pública o privada, en los lugares de residencia. Dadas las razones anteriores, esta hipótesis no se cumple.

9. Análisis encuestas a Concesionarios de Bogotá

Para este análisis, se tomaron como referencia algunas entrevistas publicadas en diferentes medios —Andemos, Los Coches, Auto Germana y BYD— y otras realizadas directamente a Volvo y Ford. Éstas indican que los vehículos híbridos eléctricos (HEV) no se consideran en el mercado de los EV, y que se espera que más adelante solo se tengan en cuenta dos tipos: híbridos enchufables (PHEV) y eléctricos (EV 100%). (Ricardo Salazar, Gerente de los Coches. Septiembre 2022)

Las razones principales por las cuales, en la actualidad se venden más este tipo de vehículos, obedecen a los beneficios arancelarios, de movilidad y el IVA. Se puede decir que el precio es una de las principales barreras, en especial, por la batería, entre otras cosas, porque son pesadas, se demoran mucho en recargar, tienen altos costos debido a los minerales que se usan y su difícil consecución); a estas se suman la recarga, ya que, no se cuenta con el número adecuado de estaciones en la ciudad y en el país. (Ricardo Salazar, Gerente de los Coches. Septiembre 2022). El gerente de los Coches, Ricardo Salazar, también indica que los cargadores serán indispensables, ya que, la electricidad juega un papel importante, y éstos serán distribuidos a través de varios canales: empresariales, electrolinerías, y hogar.

Por otro lado, Juan Luis Mesa, Gerente General BYD Colombia, indica que el precio de los vehículos ha incrementado mucho por el comportamiento creciente de las tasas de interés y la TRM, haciendo que la gente no migre a los vehículos eléctricos. Sin embargo, las cifras muestran que la transición hacia lo eléctrico es imparable y aunque hay tendencia creciente de EV, aún no hay una representación significativa en relación con el parque automotor. También menciona que el país carece de electrolinerías, de manera que se ocasionarían problemas a los usuarios cuando desean viajar por el país. El gobierno es una

pieza clave en este proceso y debe establecer leyes sobre la existencia obligatoria de cargadores en diferentes lugares para facilitar la recarga. Asimismo, las distribuidoras de energía del país tienen un rol muy importante.

Finalmente, se entrevistó a Juan Ríos, Gerente de Operaciones y Suministros en Ford, quien manifiesta que, sin duda, existen temores por parte de los consumidores relacionados con el servicio postventa que prestan los concesionarios que venden los EV, tales como: garantías, repuestos, mano de obra calificada para reparar estos vehículos; la reventa de EV, la incertidumbre sobre la vida útil de las baterías, el desecho de estas y las evoluciones de nuevas tecnologías. Básicamente, el desconocimiento de estas tecnologías y su mantenimiento hace que los usuarios sigan inclinándose por los vehículos tradicionales (Ríos Juan, 2023). Sin embargo, el gerente de Ford también indica que los concesionarios están trabajando constantemente en ofrecer beneficios no solo para el proceso de compra, sino también después de adquirido; por ejemplo, talleres con mano de obra calificada, amplio stock de repuestos y largas garantías —mayores a las de los vehículos de combustión—.

En relación con la postventa, es importante destacar que cada concesionario cuenta con los repuestos y mano de obra calificada para atender las necesidades de los usuarios que han adquirido EV. Sin embargo, estos aspectos no son los determinantes para que las personas adquieran un EV. Las razones obedecen más a temas de costos de mantenimiento y estaciones de recarga.

10. Conclusiones y recomendaciones

Después de analizar los resultados obtenidos de la encuesta, el marco teórico y la validación de las hipótesis planteadas, se proponen las siguientes estrategias para impulsar un aumento en la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá, dirigidas, específicamente, a los estratos sociales 4, 5 y 6:

10.1 Estrategias de la oferta

1. Promocionar, de manera más efectiva, las autonomías que ofrecen las baterías de los EV y PHEV en su portafolio de productos. Además, se recomienda que se trabaje en la creación de estaciones de carga en su red de concesionarios como un beneficio adicional para los consumidores que adquieran este tipo de vehículos.
2. Promover servicios de movilidad compartida con flotas 100% eléctricas, utilizando los vehículos de su propia red y estableciendo un modelo de tarifas basadas en los trayectos o en la frecuencia de uso. (Semanal, mensual, entre otros.)
3. Realizar estrategias de publicidad más agresivas para atraer a los usuarios o potenciales compradores de vehículos eléctricos, basando su estrategia de comunicación en los siguientes beneficios:
 - Impuesto de nacionalización: IVA 5%, Impuesto al consumo 0%. Los Vehículos híbridos entran con 21% (16 + 5) y gasolina 27% (19 + 8).
 - Pago del impuesto anual del 1% del valor del vehículo antes de IVA.
 - Descuento del 40% en el impuesto a partir del año siguiente de la compra y por 4 años para matrículas en Bogotá. (Esto significa que solo se pagaría el 0.6% del impuesto anual durante 4 años).

- Descuento del 10% en SOAT.
 - Beneficios en las tasas de interés para crédito de vehículos. La tasa nominal para vehículos de combustión interna oscila entre 1.9% - 2.4% mensual, mientras que para eléctricos se están manejando desde 1.5% mensual, dependiendo del perfil del cliente ante las entidades financieras.
4. Creación de planes de mantenimiento por parte de los concesionarios que incluyan el primer mantenimiento gratuito, el cual puede realizarse en promedio a los 2 años o 30.000 km. Posteriormente, el cliente pagaría el mantenimiento a los 4 años o 60.000 km.
 5. Crear una estrategia de captación de potenciales clientes basados en los beneficios económicos por el cambio de ICV a EV mediante comparativos de operación. Los autores de este trabajo de investigación realizaron un comparativo con valores de las estaciones de servicio en la ciudad de estudio, arrojando el siguiente resultado:

El precio promedio de un galón de gasolina extra se estima en COP19.500, el rendimiento aproximado es para 37 km y la capacidad del tanque es de 14.5 galones. El tanque completo se llenaría en promedio con 282.750 COP, con un alcance de 536 km (En condiciones ideales de funcionamiento, sin trancones o en carretera).

Tomando como ejemplo un EV de Volvo con una batería de 75 KW y un cargador de pared Wallbox (cargador de pared) que entrega 7.5 KW/h, se estima que se cargaría completamente en 10 horas (0-100%) con un costo de 45.000 COP, aproximadamente —dependiendo del valor kW/h en sitio de carga—; con esta carga, este vehículo tendría un alcance 408 km. En

comparación con un vehículo de combustión que, para recorrer la misma distancia, se requerirían 11 galones de gasolina con un costo estimado de 214.500 COP.

El costo eléctrico (carga completa) en relación promedio es de 1 a 5 con respecto al combustible extra.

10.2 Estrategia de aumento de beneficios en Políticas Públicas

1. Implementación de carriles compartidos para vehículos EV y PHEV en la red de carriles exclusivos de transporte público. Para ello, se sugiere el uso de un sistema de diferenciación con placas de colores para su fácil identificación y control por parte de los organismos de tránsito.
2. Generar deducciones de impuestos en la declaración de renta de personas naturales para los propietarios de vehículos eléctricos EV y PHEV.
3. Establecer una fecha límite (Año 2040) para obligar a los concesionarios a ofrecer, en el total de sus portafolios de producto, más del 50% de EV y PHEV.
4. Incentivos del Estado para que los concesionarios puedan crear estaciones de carga en todos los puntos de venta.
5. Beneficios del Gobierno a las empresas generadoras de energía para que las instalaciones en los hogares sean más económicas y sencillas.

10.3 Estrategias e incentivos para la masificación de puntos de carga privada

1. Establecer una fecha límite para que todas las edificaciones nuevas, a partir del año 2025, cuenten con las adecuaciones eléctricas necesarias en los espacios de parqueo para fomentar y facilitar la instalación de cargadores por

parte de los propietarios o posibles compradores de los nuevos inmuebles, de acuerdo con lo establecido en el POT.

2. Crear un plan de transición al año 2030 donde las edificaciones menores a 20 años de construidas posean por norma, la infraestructura y acometidas que garanticen, reglamenten y dispongan la instalación de cargadores por parte de los propietarios de los inmuebles.

10.4 Estrategias de inversión en Infraestructura pública

1. Cambio en la malla vial tradicional, promoviendo carreteras o carriles que presten el servicio de carga a los vehículos, mientras se desplazan de un lugar a otro.
2. Implementar la construcción de más estaciones de carga en diferentes lugares públicos de Bogotá, equipadas con sistemas inteligentes que les permitan a los usuarios monitorear el avance de sus recargas a través de sus equipos electrónicos, mientras llevan a cabo actividades cotidianas o diligencias personales, como se ha desarrollado con éxito en otros continentes (Europa y Asia).
3. Generar concesiones 100% privadas o alianzas público-privadas para que se puedan fomentar activamente la construcción y/o adecuación de electrolineras en la ciudad de Bogotá.
4. Crear lugares especializados que trabajen en la reutilización de baterías para reciclarlas, teniendo en cuenta que el ión de litio como residuo es bastante costoso por tratarse de un mineral escaso, lo que acarrearía problemas ecológicos inminentes.

11. Anexo

Tabla A1 Segmentación obtenida por método Jaccard. (Elegido) Objetivos, hipótesis y preguntas de la encuesta aplicada

Objetivo General		
Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire.		
Objetivos específicos	Hipótesis	Preguntas Encuesta clasificadas por objetivo
1. Estudiar el comportamiento de la demanda y la oferta de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6 a partir de un análisis descriptivo de las mismas.	<p>H1:</p> <p>Si bien se ha dado un aumento en la demanda de EV en Bogotá durante los últimos tres años, su baja participación en el parque automotor se debe a varios factores, entre ellos: la falta de conocimiento de estas tecnologías por parte de los consumidores, el elevado precio de los vehículos que se comercializan en el mercado por parte de los concesionarios y los altos costos asociados con su mantenimiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Indique sus ingresos familiares * ¿Cuáles son los aspectos más importantes que usted tiene en cuenta al momento de comprar un vehículo? * ¿Qué tipo de motor preferiría en su próximo vehículo? * Qué nivel de conocimiento tiene usted acerca de un vehículo BEH, uno PHEV y HEV. * Elija tres de las siguientes opciones con las que relaciona un vehículo eléctrico. * ¿De las Marcas que comercializan vehículos eléctricos en Bogotá, cuáles conoce? * De los motivos que le llevarían a comprar un vehículo eléctrico, elija las tres opciones más importantes para usted * ¿Cambiaría su decisión de comprar un vehículo eléctrico si la electricidad utilizada para la movilidad tuviera un precio similar al de los combustibles fósiles actuales? * Para los vehículos que requieren recarga de batería, elija tres de las siguientes opciones que más le preocupan en caso de adquirir este tipo de vehículos * Si tuviera un carro eléctrico, elija tres opciones de su preferencia para recargarlo * Si tuviera un vehículo eléctrico, Indique el horario de su preferencia para recargarlo * Si tuviera un vehículo eléctrico, en su opinión ¿Cuál sería el tiempo adecuado para recargarlo al 100%? * Sabiendo que en Bogotá existen 38 estaciones de recarga, indique ¿cuántas conoce usted?
	<p>H2:</p> <p>Si bien ha habido un aumento en la demanda de EV en Bogotá, su baja participación en el parque automotor durante los últimos tres años obedece, principalmente, a la ausencia de estaciones de servicio de carga en la ciudad y en los lugares de residencia de los potenciales propietarios.</p>	

<p>2. Identificar las políticas gubernamentales nacionales y distritales acerca del uso, venta e importación de vehículos eléctricos.</p>	<p>H3:</p>	<p>Si bien ha crecido la demanda de EV en Bogotá, su baja participación con respecto al parque automotor durante los últimos tres años se debe a que no hay conocimiento por parte de los consumidores acerca de las políticas nacionales y distritales.</p>	<p>* ¿Conoce los beneficios otorgados por las políticas públicas en Colombia por tener vehículos eléctricos? * Las políticas públicas en Colombia han otorgado algunos beneficios por tener un vehículo eléctrico. De las siguientes opciones, elija las tres más importantes para usted. * De los motivos que le llevarían a comprar un vehículo eléctrico, elija las tres opciones más importantes para usted * En promedio ¿Cuánto paga anualmente por impuestos sobre su vehículo?</p>
<p>3. Analizar el impacto ambiental de la venta y consumo de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6, así como la disposición final de las baterías.</p>	<p>H4:</p>	<p>Se tiene la percepción de que la contaminación disminuirá gracias al aumento en el número de unidades de vehículos eléctricos en Bogotá.</p>	<p>¿Conoce usted el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico?</p>
<p>4. Proponer estrategias de mercadeo para incentivar la compra y venta de vehículos eléctricos en consumidores con una percepción negativa teniendo en cuenta las prácticas adoptadas por las empresas comercializadoras de estos bienes y servicios desde la venta y mantenimiento hasta el suministro de energía para su carga.</p>	<p>H5:</p>	<p>Los consumidores tienen temores relacionados con el servicio postventa que prestan los concesionarios de vehículos eléctricos en el país, los cuales incluyen: garantías, disponibilidad de repuestos y mano de obra calificada para las reparaciones necesarias. Además, existe incertidumbre frente a la reventa de EV, debido a la vida útil de las baterías, el desecho de estas y las evoluciones de nuevas tecnologías.</p>	<p>* Para los vehículos que requieren recarga de batería, elija tres de las siguientes opciones que más le preocupan en caso de adquirir este tipo de vehículos. * De los aspectos que usted tiene en cuenta al momento de comprar un vehículo, elija las tres opciones más importantes: * En promedio, ¿Cuántos Kilómetros (km) recorre diariamente en su vehículo? * En promedio ¿cuánto paga anualmente por el mantenimiento de su vehículo? * En promedio ¿Cuánto paga mensualmente por el combustible de su vehículo? * En promedio ¿Cuánto paga anualmente por impuestos sobre su vehículo?</p>

Nota. Elaboración propia a partir del proyecto de investigación.

Tabla A2 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 1

Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire.			
Objetivos específicos		Hipótesis	Preguntas Encuesta clasificadas por objetivo
1. Estudiar el comportamiento de la demanda y la oferta de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6 a partir de un análisis descriptivo de las mismas.	H1:	Si bien se ha dado un aumento en la demanda de EV en Bogotá durante los últimos tres años, su baja participación en el parque automotor se debe a varios factores, entre ellos: la falta de conocimiento de estas tecnologías por parte de los consumidores, el elevado precio de los vehículos que se comercializan en el mercado por parte de los concesionarios y los altos costos asociados con su mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> * Indique sus ingresos familiares * ¿Cuáles son los aspectos más importantes que usted tiene en cuenta al momento de comprar un vehículo? * ¿Qué tipo de motor preferiría en su próximo vehículo? * ¿Qué nivel de conocimiento tiene usted acerca de un vehículo BEH, uno PHEV y HEV. * Elija tres de las siguientes opciones con las que relaciona un vehículo eléctrico. * ¿De las Marcas que comercializan vehículos eléctricos en Bogotá, cuáles conoce? * De los motivos que le llevarían a comprar un vehículo eléctrico, elija las tres opciones más importantes para usted * ¿Cambiaría su decisión de comprar un vehículo eléctrico si la electricidad utilizada para la movilidad tuviera un precio similar al de los combustibles fósiles actuales?

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A3 Ingresos familiares de los encuestados

6. Ingresos familiares	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
0 a 4	6	3	8	4	21
5 a 9	17	5	19	8	49
10 a 14	25	4	14	10	53
15 a 19	22	5	6	5	38
20 a 24	11	10	6	3	30
25 a 29	6	3	2	1	12
Más de 30	7	2	0	3	12
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A4 Aspectos relevantes en la compra de un vehículo

8. ¿Cuáles son los aspectos más importantes que usted tiene en cuenta al momento de comprar un vehículo?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Costo de mantenimiento	19	15	20	9	63
2. Costos de operación	4	4	3	5	16
3. Garantía	11	6	8	5	30
4. Marca	65	20	33	20	138
5. Modelo	33	8	18	9	68
6. Precio	67	23	43	22	155
7. Rendimiento de combustible	26	9	12	8	55
8. Seguridad	3	0	3	0	6
9. Tamaño	33	10	16	9	68
Total	261	95	156	87	599
Cases	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A5 Preferencias de motor para próxima compra de vehículo

13. ¿Qué tipo de motor preferiría en su próximo vehículo?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Diesel	0	1	1	0	2
Eléctrico	21	19	8	6	54
Gasolina	7	5	10	5	27
Híbrido	59	7	33	18	117
Total	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A6 *Conocimiento sobre vehículos eléctricos*

14. Califique su conocimiento vehículos eléctricos 100%	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Inexistente	7	2	5	6	20
Regular	35	8	20	8	71
Bueno	30	8	19	11	68
Muy bueno	11	8	5	6	30
Excelente	11	6	6	3	26
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A7 *Conocimiento sobre vehículos eléctricos híbridos enchufables*

14. Califique su conocimiento vehículos eléctricos híbridos enchufables	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Inexistente	7	2	4	5	18
Regular	29	10	17	9	65
Bueno	37	6	20	10	73
Muy bueno	13	3	8	5	29
Excelente	8	11	6	5	30
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A8 *Conocimiento sobre vehículos eléctricos ligeros*

14. Califique su conocimiento vehículos eléctricos ligeros	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Inexistente	5	3	7	7	22
Regular	37	10	20	10	77
Bueno	30	9	18	9	66
Muy bueno	12	6	3	4	25
Excelente	10	4	7	4	25
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A9 *Ideas con las cuales relaciona un vehículo eléctrico*

15. Elija tres de las siguientes opciones con las que relaciona un vehículo eléctrico	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Ahorros	68	28	41	7	144
2. Conciencia cambio climático	74	29	48	34	185
3. Excepción de pico y placa	5	1	1	1	8
4. Exclusividad	12	0	7	7	26
5. Mayor potencia	0	0	0	1	1
6. Peso	1	0	0	0	1
7. Precios elevados	51	13	17	16	97
8. Recarga	46	12	33	20	111
9. Vida útil de la batería	25	12	17	15	69
Total	282	95	164	101	642
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A10 Motivación al momento de comprar un vehículo

19. De los motivos que le llevarían a comprar un vehículo eléctrico, elija las tres opciones más importantes para usted	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Ahorros en combustible	86	29	54	27	196
2. Conciencia cambio climático	79	30	49	33	191
3. Contaminación auditiva	18	10	11	10	49
4. Costo mantenimiento	20	10	33	6	69
5. Excepción de pico y placa	2	0	1	1	4
6. Experiencia de manejo	19	9	1	6	35
7. No sabe / No responde	1	0	1	1	3
8. Políticas públicas	56	7	14	16	93
Total	281	95	164	100	640
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada

Tabla A11 Conocimiento de las marcas comercializadoras de EV

16A. ¿Cuáles marcas de vehículos eléctricos conoce?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
AUDI	21	8	6	4	39
BMW	43	11	22	12	88
BYD	6	1	4	2	13
CHANGAN	0	0	1	0	1
FORD	1	0	1	1	3
HYUNDAI	1	1	1	2	5
KIA	1	1	1	1	4
MAZDA	0	0	1	0	1
MERCEDES-BENZ	1	0	3	0	4
MINI	3	1	0	0	4
MITSUBISHI	1	0	0	0	1
NINGUNA	7	4	9	6	26
NISSAN	2	0	0	0	2
RENAULT	3	4	3	2	12
SUBARU	0	0	1	1	2
SUZUKI	1	0	0	0	1
TESLA	1	1	1	2	5
TOYOTA	1	0	0	1	2
VOLVO	1	0	1	0	2
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A12 Cambio en la decisión de compra de EV

20. Cambiaría su decisión de comprar de comprar un vehículo eléctrico si la electricidad	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
No	36	15	14	11	76
No sabe	12	5	10	8	35
Sí	46	12	31	15	104
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A13 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 2

Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire.			
Objetivos específicos		Hipótesis	Preguntas Encuesta clasificadas por objetivo
1. Estudiar el comportamiento de la demanda y la oferta de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6 a partir de un análisis descriptivo de las mismas.	H2:	Si bien ha habido un aumento en la demanda de EV en Bogotá, su baja participación en el parque automotor durante los últimos tres años obedece, principalmente, a la ausencia de estaciones de servicio de carga en la ciudad y en los lugares de residencia de los potenciales propietarios.	<ul style="list-style-type: none"> * Para los vehículos que requieren recarga de batería, elija tres de las siguientes opciones que más le preocupan en caso de adquirir este tipo de vehículos * Si tuviera un carro eléctrico, elija tres opciones de su preferencia para recargarlo * Si tuviera un vehículo eléctrico, Indique el horario de su preferencia para recargarlo * Si tuviera un vehículo eléctrico, en su opinión ¿Cuál sería el tiempo adecuado para recargarlo al 100%? * Sabiendo que en Bogotá existen 38 estaciones de recarga, indique ¿cuántas conoce usted?

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A14 Preocupación al momento de comprar un EV

21. Para los vehículos eléctricos que requieren recarga de batería, elija tres de las siguientes opciones que más le preocupan en caso de adquirir este tipo de vehículos	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Autonomía	70	23	13	25	131
2. Cargador en la vivienda	34	7	34	16	91
3. Costo / Precio	24	12	14	10	60
4. Disposición final	5	4	3	3	15
5. Infraestructura recarga pública	71	21	33	28	153
6. Mantenimiento	1	0	0	0	1
7. Tiempo requerido para recargar	21	9	28	5	63
8. Valor reventa incierto	18	3	17	4	42
9. Vida útil	38	17	23	11	89
Total	282	96	165	102	645
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A15 Lugares preferidos para la recarga de EV

22. Si tuviera un vehículo eléctrico, elija tres opciones de su preferencia para recargarlo	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. En su casa (garaje o parqueadero)	89	31	47	32	199
2. En su trabajo	78	10	29	25	142
3. En un centro comercial	42	6	38	20	106
4. En un parqueadero público	30	20	20	8	78
5. En una estación pública	43	29	31	17	120
Total	282	96	165	102	645
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A16 Horarios de preferencia para la recarga de EV

23. Si tuviera un vehículo eléctrico, horario	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Entre las 12:01 am y 6:00 am	24	11	12	14	61
2. Entre las 6:01 am y 12:00 pm	5	5	6	2	18
3. Entre las 12:01 pm y 7:00 pm	5	5	5	6	21
4. Entre las 7:00 pm y 12:00 am	60	11	32	12	115
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A17 Tiempo adecuado para recarga de EV

24. Si tuviera un vehículo eléctrico, tiempo	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Menos de 1 hora	38	19	15	12	84
Entre 1 y 3 horas	41	8	34	11	94
Entre 3 y 6 horas	10	4	4	5	23
Entre 6 y 9 horas	4	0	2	4	10
Más de 9 horas	1	1	0	2	4
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A18 Conocimiento sobre estaciones para recarga de EV

25. ¿Cuántas estaciones de recarga conoce?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Ninguna	52	13	28	23	116
Entre 1 y 3	36	14	24	9	83
Entre 4 y 6	5	2	3	1	11
Entre 7 y 9	0	2	0	1	3
Más de 9	1	1	0	0	2
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A19 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 3

Objetivo General			
Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire.			
Objetivos específicos		Hipótesis	Preguntas Encuesta clasificadas por objetivo
2. Identificar las políticas gubernamentales nacionales y distritales acerca del uso, venta e importación de vehículos eléctricos.	H3:	Si bien ha crecido la demanda de EV en Bogotá, su baja participación con respecto al parque automotor durante los últimos tres años se debe a que no hay conocimiento por parte de los consumidores acerca de las políticas nacionales y distritales.	<ul style="list-style-type: none"> * ¿Conoce los beneficios otorgados por las políticas públicas en Colombia por tener vehículos eléctricos? * Las políticas públicas en Colombia han otorgado algunos beneficios por tener un vehículo eléctrico. De las siguientes opciones, elija las tres más importantes para usted. * De los motivos que le llevarían a comprar un vehículo eléctrico, elija las tres opciones más importantes para usted * En promedio ¿Cuánto paga anualmente por impuestos sobre su vehículo?

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A20 Conocimiento sobre beneficios otorgados para propietarios de EV

17. Conoce los beneficios otorgados por las políticas públicas en Colombia por tener un vehículo eléctrico?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
No	30	12	16	26	84
Sí	64	20	39	8	131
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A21 Políticas públicas sobre EV más importantes para los usuarios

18. Las políticas públicas en Colombia han otorgado algunos beneficios por tener un vehículo eléctrico. De las siguientes opciones, elija las tres más importantes para usted	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Beneficios tributarios	85	26	50	31	192
2. Descuento en revisión tecnomecánica	12	7	11	11	41
3. Descuentos en pólizas de seguros (SOAT)	67	17	37	16	137
4. No aplicación de pico y placa	90	32	54	31	207
5. Parquaderos preferenciales	28	14	13	13	68
Total	282	96	165	102	645
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A22 Motivación al momento de comprar un vehículo

19. De los motivos que le llevarían a comprar un vehículo eléctrico, elija las tres opciones más importantes para usted	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Ahorro en combustible	86	29	54	27	196
2. Conciencia con cambio climático	79	30	49	33	191
3. Contaminación auditiva	18	10	11	10	49
4. Costo de mantenimiento	20	10	33	6	69
5. Excepción de pico y placa	2	0	1	1	4
6. Experiencia de manejo	19	9	1	6	35
7. No sabe / No responde	1	0	1	1	3
8. Políticas públicas	56	7	14	16	93
Total	281	95	164	100	640
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A23 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 4

Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire.			
Objetivos específicos		Hipótesis	Preguntas Encuesta clasificadas por objetivo
3. Analizar el impacto ambiental de la venta y consumo de vehículos eléctricos en Bogotá para los estratos 4, 5 y 6, así como la disposición final de las baterías.	H4:	Se tiene la percepción de que la contaminación disminuirá gracias al aumento en el número de unidades de vehículos eléctricos en Bogotá.	¿Conoce usted el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación, uso y disposición final de un vehículo eléctrico?

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A24 Conocimiento sobre impacto ambiental de la fabricación de EV

26. Conoce usted el impacto medioambiental que implica el proceso de fabricación de un vehículo eléctrico?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
No	79	8	44	12	143
Sí	15	24	11	22	72
Total	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A25 Caracterización de los Clústeres para la hipótesis 5

Estrategias para impulsar la demanda y oferta de vehículos eléctricos en Bogotá en los estratos sociales 4, 5 y 6 para mejorar la calidad del aire.		
Objetivos específicos	Hipótesis	Preguntas Encuesta clasificadas por objetivo
4. Proponer estrategias de mercadeo para incentivar la compra y venta de vehículos eléctricos en consumidores con una percepción negativa teniendo en cuenta las prácticas adoptadas por las empresas comercializadoras de estos bienes y servicios desde la venta y mantenimiento hasta el suministro de energía para su carga.	H5: Los consumidores tienen temores relacionados con el servicio postventa que prestan los concesionarios de vehículos eléctricos en el país, los cuales incluyen: garantías, disponibilidad de repuestos y mano de obra calificada para las reparaciones necesarias. Además, existe incertidumbre frente a la reventa de EV, debido a la vida útil de las baterías, el desecho de estas y las evoluciones de nuevas tecnologías.	<p>* Para los vehículos que requieren recarga de batería, elija tres de las siguientes opciones que más le preocupan en caso de adquirir este tipo de vehículos. * De los aspectos que usted tiene en cuenta al momento de comprar un vehículo, elija las tres opciones más importantes:</p> <p>* En promedio, ¿Cuántos Kilómetros (km) recorre diariamente en su vehículo?</p> <p>* En promedio ¿cuánto paga anualmente por el mantenimiento de su vehículo?</p> <p>* En promedio ¿Cuánto paga mensualmente por el combustible de su vehículo?</p> <p>* En promedio ¿Cuánto paga anualmente por impuestos sobre su vehículo?</p>

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A 26 Preocupación al momento de comprar un EV

21. Para los vehículos eléctricos que requieren recarga de batería, elija tres de las siguientes opciones que más le preocupan en caso de adquirir este tipo de vehículos	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Autonomía	70	23	13	25	131
2. Cargador en la vivienda	34	7	34	16	91
3. Costo / Precio	24	12	14	10	60
4. Disposición final	5	4	3	3	15
5. Infraestructura recarga pública	71	21	33	28	153
6. Mantenimiento	1	0	0	0	1
7. Tiempo requerido para recargar	21	9	28	5	63
8. Valor reventa incierto	18	3	17	4	42
9. Vida útil	38	17	23	11	89
Total	282	96	165	102	645
Cases	94	32	55	34	215

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A 27 Aspectos relevantes en la compra de un vehículo

8. ¿Cuáles son los aspectos más importantes que usted tiene en cuenta al momento de comprar un vehículo?	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
1. Costo de mantenimiento	19	15	20	9	63
2. Costos de operación	4	4	3	5	16
3. Garantía	11	6	8	5	30
4. Marca	65	20	33	20	138
5. Modelo	33	8	18	9	68
6. Precio	67	23	43	22	155
7. Rendimiento de combustible	26	9	12	8	55
8. Seguridad	3	0	3	0	6
9. Tamaño	33	10	16	9	68
Total	261	95	156	87	599
Cases	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A 28 *Recorrido diario promedio en Km*

9. Recorrido diario promedio (km)	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Menos de 10	29	16	19	11	75
Entre 11 y 30	42	11	28	12	93
Entre 31 y 40	10	1	3	3	17
Entre 41 y 50	3	3	1	0	7
Más de 51	3	1	1	3	8
Total	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A 29 *Recorrido diario promedio en Km*

11. Gasto anual promedio en mantenimiento	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Menos de \$300.000	2	3	5	1	11
Entre \$300.001 y \$500.000	11	8	13	7	39
Entre \$500.001 y \$1.000.000	37	6	19	13	75
Más de \$1.000.000	37	15	15	8	75
Total	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A 30 *Gasto promedio mensual en combustible*

10. Gasto mensual promedio en combustible	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Menos de \$100.000	8	4	6	8	26
Entre \$100.001 y \$200.000	48	14	24	16	102
Entre \$200.001 y \$500.000	30	14	21	5	70
Más de \$500.001	1	0	1	0	2
Total	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

Tabla A 31 *Gasto anual promedio en impuestos*

12. Gasto anual promedio en impuestos	Clúster ID				Total
	1	2	3	4	
Menos de \$1.000.000	26	12	16	15	69
Entre \$1.000.001 y \$2.000.000	32	8	24	9	73
Entre \$2.000.001 y \$3.000.000	22	8	9	3	42
Más de \$3.000.001	7	4	3	2	16
Total	87	32	52	29	200

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta aplicada.

12. Referencias

- Acevedo-Navas, C., & Morales-Nieto, A. (2020). Proceso de decisión de compra de vehículos eléctricos en Bogotá (Colombia). *Pensamiento & Gestión*, 49, 244–275.
- Alfaro, R. M., Rueda, A. M. y Ortiz, E. L. (2017). The application of Calinski-Harabasz index to determine the optimal number of clusters in customer segmentation. *Procedia Computer Science*, vol. 109, pp. 710-717.
- ANDI - FENALCO. (2022, enero). Informe del Sector Automotor a diciembre de 2021. NFORME. Boletín de Vehículos Nuevos diciembre 2021.
- ANDI - FENALCO. (2023, enero). Boletín de Vehículos Nuevos diciembre 2022.
- Ángel, J. (abril, 2018). Evaluación de factores socioeconómicos y técnicos que afectan la aplicación del vehículo eléctrico en Colombia, p 9 – 36.
- Bhatt, P., Mehar, H. & Sahajwani, M. (2019, abril 3). Electrical Motors for Electric Vehicle – A Comparative Study (April 3, 2019). Proceedings of Recent Advances in Interdisciplinary Trends in Engineering & Applications (RAITEA) 2019. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3364887> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3364887>
- Bohórquez, J. A., López, C. P., Díez, A. E., & Díez, I. C. (julio, 2011). Revisión y análisis de la normatividad actual de productos y equipos eléctricos frente a la entrada de

vehículos eléctricos en Colombia. Revista Investigaciones Aplicadas, ISSN 2011-0413, Medellín, Colombia.

Ceballos Delgado, J. E., Caicedo Bravo, E., & Ospina Arango, S. (2016). Una Propuesta Metodológica para Dimensionar el Impacto de los Vehículos Eléctricos sobre la Red Eléctrica. *Ingeniería*, 21(2), 154–175. <https://doi-org.cvirtual.cesa.edu.co/10.14483/udistrital.jour.reving.2016.2.a03>

CCorrea Henao, M. (2021). Análisis de clúster automático. Universidad Nacional de Colombia. PP. 20-21.

Cuenca, J. J., & Gomezcoello, J. L. (2021). Diagnóstico de la problemática ambiental causada por el desecho de las baterías del parque automotor de la ciudad de Azogues, p. 10. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10565/5/16154.pdf>

Delang, C. O. & Cheng, W. T. (2012). Consumers' attitudes towards electric cars: A case study of Hong Kong. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17, 492-494. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.03.005>

Días, Jesús. (2021). Fabricar un coche eléctrico contamina un 70% más que uno de gasolina. El Confidencial. Retrieved from https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2021-11-23/coche-electrico-co2-contaminacion-gasolina_3329281/

Delgado, David y Rosales Paola (2020). Viabilidad de la implementación de los vehículos eléctricos en Colombia [Viability of the implementation of electric vehicles in Colombia], p. 18 – 31.

Dulcich, F., Otero, D., & Canzian, A. (2019). Evolución Reciente y Situación Actual de la Producción y Difusión de Vehículos Eléctricos a Nivel Global y en Latinoamérica. [Recent Evolution and Current Situation of the Production and Diffusion of Electric Vehicles at a Global and Latin American Level]. *Asian Journal of Latin American Studies*, 32(4), 21–51.

Entrevista Andemos. (2021, septiembre). Explíqueme por qué crecen las ventas de autos eléctricos, pero no los cargadores. La República.

<https://www.larepublica.co/empresas/explicuemeporque-crecen-las-ventas-de-autos-electricos-pero-no-los-cargadores-3451977>

Entrevista Autogermana. (2023, febrero). Colombia va un paso adelante en temas de movilidad sostenible y electrificación. La República.

<https://www.larepublica.co/empresas/colombia-va-un-paso-adelante-en-temas-de-movilidad-sostenible-y-electrificacion-3540697>

Entrevista Los Coches. (2022, septiembre). En un par de años, los cargadores para vehículos eléctricos estarán en cualquier hogar. La República.

<https://www.larepublica.co/empresas/en-un-par-de-anos-los-cargadores-para-vehiculos-electricos-estaran-en-cualquier-hogar-3446248>

Entrevista BYD. (2023, febrero). La tasa de cambio ha encarecido en un 10% el precio de los vehículos eléctricos. La República. <https://www.larepublica.co/empresas/la-tasa-de-cambio-ha-encarecido-en-un-10-el-precio-de-los-vehiculos-electricos-3555753>

Entrevista a Ford, Gerente de Operaciones y Suministros Juan Ríos. (2023, marzo).

Entrevista en concesionario Volvo, Asesor comercial, German Rolado Pérez. (2023, marzo).

Frost & Sullivan. (2015). Strategic Analysis of the Electric Passenger Car Market in Latin America: A Market Outlook to Design Policy Guidelines for Electric Vehicle Adoption in the Region. Informe preparado para el Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C., Estados Unidos.

Gómez- Mesino, E. (2020). Prospective towards implementation of electric vehicles in Colombia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 844 012014. P. 2-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/844/1/012014>

Hjorthol, R. (2013). Attitudes, Ownership and Use of Electric vehicles: A Review of Literature. Institute of Transportation Economics. Norway.

IQAir. (2021). World Air Quality Report.

Ley 1964 de julio 2019 “por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones”.

Lieven, T., Mühlmeier, S., Henkel, S. and Waller, J. F. (2011). Who will buy electric cars?

An empirical study in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(4), 236-243.

Marulanda Guerra, A., & Vera Silva, C. Retos de los vehículos eléctricos en Colombia.

Revista CIDET. Recuperado de <https://www.cidet.org.co/>

McRae, S. D., & Wolak, F. A. (febrero de 2020). Retail Pricing in Colombia to Support the Efficient Deployment of Distributed Generation and Electric Vehicles, 6 - 46.

Ministerio de transporte. (2021, 2 septiembre). *Colombia llega a 4.849 vehículos eléctricos y 17.333 híbridos matriculados en el RUNT*. <https://www.mintransporte.gov.co/>.

Recuperado 6 de febrero de 2022, de:

<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10194/colombia-llega-a-4849-vehiculos-electricos-y-17333-hibridos-matriculados-en-el-runt/>

Ministerio de transporte. (2022, 8 junio). Colombia cerró mayo con 8.128 vehículos eléctricos matriculados en el Runt. Recuperado el 15 de agosto de 2022, de

<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10964/colombia-cerro-mayo-con-8128-vehiculos-electricos-matriculados-en-el-runt/#:~:text=La%20ministra%20Orozco%20habl%C3%B3%20de,pa%C3%ADs%20tambi%C3%A9n%20lidera%2C%20con%2015.463>

Nguyen, T. H. y Nguyen, T. D. T. H. (2021). Clustering Algorithm Selection Based on a Comprehensive Performance Metric, *Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology and Intelligent Transportation Systems*, pp. 193-201.

Peña, Carlos y Pleite Jorge (mayo, 2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos, 16 – 20.

Presidencia de la República de Colombia. (2021), Decreto 191 de 2021. [Decreto Presidencial]. Presidencia de la República de Colombia.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=159195>

Ríos Marín, J. A., & Barrera, O. (2017). Vehículos eléctricos e híbridos, 13-20.

Rojas Quiroga, K. E., Nieto Vargas, J. F., & Marulanda, G. (2019). Impactos técnicos y económicos para comercializadores de electricidad debido a la implementación de vehículos eléctricos en Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(34), 219–236. <https://doi-org.cvirtual.cesa.edu.co/10.22395/rium.v18n34a13>

Shameen, Mushfeq., & Ferdous, Raihana (2009). An Efficient K-Means Algorithm integrated with Jaccard Distance Measure for Document Clustering. Recuperado de: https://repository.dinus.ac.id/docs/ajar/file_2013-09_26_09:38:06_Catur_Supriyanto,_M.CS_An_efficient_K-Means_Algorithm_integrated_with_Jaccard_Distance_Measure_for_Document_Clustering_-_Shameem,_Raihana_Ferdous_-_2009.pdf

Triana Barreda, Elsa (2017). Baterías de Tracción Para Vehículos Eléctricos.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/34863/TFM-I-1059.pdf?sequence=1>

United Nations Environment Programme. (2021). Working with nature, Colombia fights air pollution. UNEP. Recuperado de <https://www.unep.org/news-and-stories/story/working-nature-colombia-fights-air-pollution>

United Nations Environment Programme. (2021). Working with nature, Colombia fights air pollution. UNEP. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/working-nature-colombia-fights-air-pollution>

United Nations. (2021). ¿Qué es el cambio climático? | Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

World Energy Outlook. (2021). International Energy Agency. Recuperado de <https://www.iea.org/weo>.