



Institución Universitaria

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Lady Lorena Osorio Mosquera

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Medellín, Colombia

2024

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Lady Lorena Osorio Mosquera

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Desarrollo Sostenible

Director:

Magister Santo Alfonso Hinestroza Palacio

Línea de Investigación:

Desarrollo Sostenible y Química Ambiental

Grupo de Investigación:

ALQUIMIA

Instituto Tecnológico Metropolitano
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas

Medellín, Colombia

2024

A mi esposo incondicional, siempre a mi lado para guiarme y ayudarme. A mi hermanita Valentina que siempre me da ánimo.

A mi bien amada tía Gloria, ejemplo de mujer y fortaleza cuyas enseñanzas permanecen en mí como una impronta.

Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial a la profesora Marta Arango, docente Enlace de la Maestría en Desarrollo Sostenible del ITM quien desde el primer momento ha estado presente en este caminar académico con sus conocimientos y consejos. Igualmente, se hace extensivo al profesor José Luis Gonzalez Manosalva.

También para el ingeniero Germán Murcia quien desde la empresa JMC me ha brindado la información necesaria de la actualidad del mercado de camiones diésel y eléctricos.

Resumen

Una de las grandes problemáticas del Valle de Aburrá es la contaminación generada por los camiones de menos de 10 toneladas de Peso Bruto Vehicular (PBV). Este estudio desarrolla una investigación sobre los mecanismos que requieren los propietarios de estos camiones (que por cuya denominación son los más contaminantes), para cambiarlos a vehículos eléctricos.

Partiendo de la búsqueda de referentes internacionales, se concluye que, a diferencia de Colombia, en otros países, los camiones de combustión interna que circulan tienen menos edad, debido a que cuentan con políticas claras que promueven las modernizaciones por vehículos menos contaminantes; para ello, algunos se apoyan en cargas impositivas reguladas a través de la legislación. Se constata también que algunos países están promoviendo la transición a vehículos eléctricos mediante diferentes incentivos e incluso, se brindan incentivos monetarios por realizar la desintegración de los vehículos antiguos, además que se robustece la red de infraestructura de carga con nuevas tecnologías.

Finalmente, se realiza un análisis y una comparación con respecto al estado actual en el que se encuentran la desintegración de vehículos en Colombia y se desarrolla un modelo financiero con información del mercado, en el cual se compara el costo de propiedad de un vehículo eléctrico vs. el costo de un vehículo diésel; construyendo una serie de escenarios para definir los aspectos más importantes necesarios para hacer viable la modernización a la tecnología eléctrica.

Palabras clave: viabilidad técnica, viabilidad económica, ciclo de vida del producto, vehículos eléctricos.

Abstract

One of the major problems of the Aburrá Valley is the pollution generated by trucks of less than 10 tons of Gross Vehicle Weight. This study investigates the mechanisms that require the owners of these trucks (by whose name they are the most polluting) to change them to electric vehicles.

Our research on international practices reveals a stark contrast with Colombia. In other countries, internal combustion trucks are newer, thanks to clear policies that encourage the adoption of cleaner vehicles. These policies, often backed by tax regulations, have proven successful. Furthermore, the transition to electric vehicles is being actively promoted through various incentives, including monetary rewards for scrapping old vehicles and the expansion of charging infrastructure with innovative technologies.

Finally, an analysis and comparison are made concerning the current state of vehicle disintegration in Colombia, and a financial model with market information is developed, in which the cost of ownership of an electric vehicle vs. the cost of a diesel vehicle is compared; a series of scenarios are constructed to define the most important aspects necessary to make modernization to electrical technology viable.

Keywords: technical feasibility, economic viability, product life cycle, electric vehicles.

Contenido

	Pág.
Abstract.....	VIII
1. Hipótesis.....	5
2. Objetivos.....	6
2.1 Objetivo General	6
2.2 Objetivos Específicos	6
3. Metodología.....	7
3.1 Enfoque y tipo de investigación	8
3.2 Modelo financiero del costo de ciclo de vida.....	11
3.2.1 Selección de los vehículos.....	11
3.2.2 Análisis técnico-económico.....	11
3.2.3 Costo de adquisición	12
3.2.4 Costo de operación.....	13
3.2.5 Costos de mantenimiento	15
3.2.6 Valor de salvamento	16
3.2.7 Cálculo del costo del ciclo de vida	16
3.2.8 Evaluación económica a precios constantes.....	17
4. Marco teórico.....	18
4.1 Clasificación vehículos pesados.....	18
4.2 Clasificación camiones.....	21
4.2.1 Categorías euro.....	22
4.2.2 Combustibles para camiones.....	24
4.3 Desintegración vehículos	25
5. Estado del arte.....	31
5.1 Referentes internacionales e incentivos económicos para desintegración y cambio a vehículos eléctricos	34
5.1.1 Argentina	37
5.1.2 Australia	37
5.1.3 Brasil	40
5.1.4 Canadá.....	40
5.1.5 Chile	43
5.1.6 China.....	44
5.1.7 Costa Rica.....	47
5.1.8 España	48
5.1.9 Estados Unidos.....	51
5.1.10 Francia	54
5.1.11 Japón.....	58
5.1.12 México	59
5.1.13 Perú.....	59
5.1.14 Reino Unido.....	60
5.2 Casos de éxito	61
5.3 Vehículos eléctricos	62

5.4	Disposición final de las baterías.....	67
6.	Resultados	69
6.1	Análisis de referentes internacionales.....	69
6.1.1	Factor Legislación	70
6.1.1.1	Aspecto ambiental.....	71
6.1.1.2	Aspecto desintegración	72
6.1.1.3	Aspecto incentivo	74
6.1.2	. Factor Incentivos	87
6.1.2.1	Precio por desintegración de vehículos en Colombia	88
6.1.2.2	Precio por desintegración de vehículos en otros países.....	88
6.1.3	. Factor Infraestructura de carga	91
6.2	Modelo financiero.....	95
6.2.1	Escenario 1	95
6.2.2	Escenario 2	97
6.2.3	Escenario 3	98
6.2.4	Escenario 4	99
6.2.5	Escenario 5	100
6.3	Análisis trilogía sostenibilidad	103
6.4	Propuesta de modernización	106
6.4.1	Propuesta técnica.....	106
6.4.2	Propuesta económica.....	107
7.	Conclusiones y recomendaciones	111
7.1	Conclusiones	111
7.2	Recomendaciones	115

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Secuencia de desarrollo del método de investigación</i>	10
Figura 2. <i>Clasificación vehículos pesados</i>	18
Figura 3. <i>Modelo de negocio Transmilenio</i>	19
Figura 4. <i>Combustible parque automotor 2021 por servicio</i>	20
Figura 5. <i>Perfil de antigüedad camiones Valle de Aburrá</i>	23
Figura 6. <i>Ciclo de vida de vehículos y su desintegración en Colombia</i>	30
Figura 7. <i>Relación entre subsidios y registro de vehículos</i>	36
Figura 8. <i>Matriculas vehículos nuevos en China</i>	47
Figura 9. <i>Matriculas vehículos nuevos en España</i>	51
Figura 10. <i>Bono ecológico en Francia 2023</i>	54
Figura 11. <i>Prima a la conversión en Francia 2023</i>	56
Figura 12. <i>Matriculas vehículos nuevos en Francia</i>	57
Figura 13. <i>Matrículas de vehículos eléctricos en Francia</i>	58
Figura 14. <i>Estándares de conexión</i>	65
Figura 15. <i>Evolución vehículos eléctricos y conectores</i>	66
Figura 16. <i>Histórico de desintegración parque automotor de carga 2005-2017</i>	73
Figura 17. <i>Normograma vehículos de carga</i>	80
Figura 18. <i>Estimación precio vehículo para desintegración en Inglaterra</i>	89
Figura 19. <i>Estimación precio vehículo para desintegración en Norteamérica</i>	90
Figura 20. <i>Estaciones de carga en Colombia</i>	93
Figura 21. <i>Escenarios modelo financiero</i>	103
Figura 22. <i>Especificaciones técnicas camión JMC</i>	104

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Características principales de los vehículos</i>	11
Tabla 2. <i>Clasificación camiones en Colombia</i>	21
Tabla 3. <i>Normas Europeas para tecnologías diésel</i>	22
Tabla 4. <i>Resumen de importación vehículos eléctricos de carga segmento comercial</i> ...	25
Tabla 5. <i>Entidades habilitadas en Colombia para desintegración de vehículos</i>	26
Tabla 6. <i>Características esquemas de incentivos seis países OCDE</i>	35
Tabla 7. <i>Incentivos en Canadá para vehículos pesados menores a 12 toneladas</i>	41
Tabla 8. <i>Incentivos Infraestructura de carga</i>	42
Tabla 9. <i>Subsidios para camiones eléctricos en China</i>	45
Tabla 10. <i>Incentivos infraestructura de carga China</i>	46
Tabla 11. <i>Esquema de incentivos New Jersey</i>	52
Tabla 12. <i>Esquema de incentivos New York</i>	53
Tabla 13. <i>Esquema de incentivos Colorado</i>	53
Tabla 14. <i>Incentivos infraestructura de carga UK</i>	60
Tabla 15. <i>Incentivos países objeto de estudio</i>	69
Tabla 16. <i>Impuestos anuales por tecnología</i>	78
Tabla 17. <i>Camiones eléctricos importados en Colombia</i>	86
Tabla 18. <i>Escenario 1</i>	96
Tabla 19. <i>Escenario 2</i>	98
Tabla 20. <i>Escenario 3</i>	99
Tabla 21. <i>Escenario 4</i>	100
Tabla 22. <i>Escenario 5</i>	101
Tabla 23. <i>Emisiones por categoría vehicular en toneladas</i>	105
Tabla 24. <i>Emisiones contaminantes por combustible en toneladas</i>	106

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
kWh	Kilovatio-hora	1	$\frac{Kg\ m^2}{s^3}$

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
μm	Micra	1	$1 \times 10^{-6} m$
€	Euro		
£	Libra Esterlina		

Subíndices

Subíndice	Término
CO_2	Dióxido de Carbono

Superíndices

Superíndice	Término
n	Exponente, potencia

Abreviaturas

Abreviatura	Término
ACOLGEN	Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica
ACPM	Aceite combustible para motor
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
ANDEMOS	Asociación Nacional de Movilidad Sostenible
BANCOLDEX	Banco de Comercio Exterior de Colombia
CAD	Dólares Canadienses
COLFECAR	Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Pesos colombianos
CTVFVU	Centro de Tratamiento de Vehículos Final Vida Útil
CNY	Yuan

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Abreviatura	Término
<i>DIJIN</i>	Dirección de Investigación Criminal e Interpol
<i>E&Y</i>	Ernst & Young
<i>FASECOLDA</i>	Federación de Aseguradores Colombianos
<i>IPC</i>	Índice de Precios al Consumidor
<i>IVA</i>	Impuesto al Valor agregado
<i>PBV</i>	Peso Bruto Vehicular
<i>PM</i>	Material Particulado
<i>RAEE</i>	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
<i>RESPEL</i>	Residuos Peligrosos
<i>RUNT</i>	Registro Único Nacional de Tránsito
<i>SITP</i>	Sistema Integrado de Transporte Público
<i>SOAT</i>	Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito
<i>TON</i>	Toneladas
<i>USD</i>	Dólar Americano
<i>VCI</i>	Vehículo de combustión interna
<i>VE</i>	Vehículo eléctrico
<i>VFVU</i>	Vehículos al Final de su Vida Útil

Introducción

En los últimos años, la Alcaldía de Medellín ha declarado al menos dos veces por año y en diferentes épocas estado de emergencia climática. Según el Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA, las condiciones de clima especiales como: las transiciones entre temporada seca - temporada lluviosa y viceversa, generan nubosidades a baja altura; originando una ventilación escasa que impide que el material particulado se disperse de forma correcta en una región que se encuentra densamente poblada y con condiciones topográficas especiales; adicionalmente, El Valle de Aburrá es un valle angosto que se encuentra rodeado de montañas, lo que constituye una condición adversa para la circulación horizontal de las masas de aire.

Este material particulado es producido por fuentes móviles (vehículos que para operar producen combustión) y fuentes fijas (industrias). De acuerdo con el inventario de emisiones atmosféricas del año 2016, realizado en convenio entre la Universidad Pontificia Bolivariana y el AMVA, la mayor parte de emisiones contaminantes son producidas por camiones (*Universidad Pontificia Bolivariana & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015*). Esta información se confirma con el Inventario de Emisiones del año 2022 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023).

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia presentó al sector transporte como responsable del 40% del gasto de la energía, también al modo carretero como consumidor del 89% de la energía de este segmento debido a la dependencia de combustibles fósiles. El 1,25% de los medios de transporte corresponden al sector de carga y transporte masivo, (vehículos pesados) y son los responsables del 40% de las emisiones de material particulado. El 25% de ellos son tecnología pre-euro con una antigüedad de más de 20 años, el 60% son euro II que funcionan con diésel y el restante 15% son euro IV (Chaves, 2020).

El uso de combustibles fósiles por parte de los vehículos genera gases contaminantes atmosféricos y partículas que pueden estar suspendidas en el aire, aumentando la probabilidad de ser inhaladas por los humanos. Estos elementos junto a otros creados por procesos naturales como polvos de suelos son conocidos como material particulado -PM. Su clasificación varía de acuerdo con el tamaño de la partícula: la fracción gruesa tiene un

diámetro medio entre 2.5 y 10 μm y la fracción fina un diámetro medio entre 0.1 y 2.5 μm . Las partículas de menos de 10 μm pueden acceder fácilmente al cuerpo humano por las vías respiratorias y las partículas de menos de 2.5 μm pueden llegar hasta los alvéolos. Estudios confirman que hay una asociación entre contaminantes atmosféricos y el incremento de consultas médicas por problemas respiratorios (Pineda et al., 2018).

Otro factor importante es la revisión de estadísticas que arrojan una información contundente: las tasas de mortalidad causadas por cáncer de pulmón como resultado de la contaminación del aire particularmente en Medellín es 3,4 veces más alta que la de Bogotá y 2,7 veces más alta que el resto de Colombia (Sostenible, 2017). “Al contabilizar certificados de defunción asociados con enfermedades respiratorias crónicas, cáncer de pulmón y accidentes cerebrovasculares, se obtuvieron resultados que indican que, de las cerca de 15.000 muertes registradas entre 2016 y 2017, al menos 3.000 fueron reportadas como consecuencia de factores ambientales relacionados con la mala calidad del aire” (Santa & Gil, 2019).

Por su parte, el Departamento Nacional de Planeación informa que existen unos costos asociados para la nación empleados como respuesta a la degradación ambiental y que para el año 2015, la contaminación del aire urbano aportó el 75% de la degradación total en Colombia con \$15.4 billones de pesos (1,93% del PIB de 2015) asociados a 10.527 muertes, además de 67,8 millones de síntomas y enfermedades. Específicamente para el AMVA, el 12,3% (2.105) del total de las muertes que se presentan en el área, son atribuidas a la contaminación del aire urbano, lo que generó costos estimados en \$2,8 billones de pesos, equivalentes al 5% del PIB del área (Santa & Gil, 2019).

Es notorio que existe un problema ambiental producido por las emisiones contaminantes de vehículos, y que las ciudades que tienen las más grandes concentraciones de vehículos son los lugares donde más se afecta la calidad de vida de sus habitantes. Estas ciudades, típicas de economías emergentes, están presentando un crecimiento exponencial que se ve reflejado en un acrecentamiento de vehículos que no ayudan a la calidad del aire en ellas. (García, 2015). Estudios realizados por el AMVA demuestran que hay una alta concentración de personas en El Valle de Aburrá: 6 de cada 10 personas que viven en el departamento de Antioquia están ubicadas allí con sus vehículos. Así, los niveles promedio

de calidad del aire resultan nocivos para la población y esto se debe a las altas concentraciones de material particulado generadas por los vehículos pesados que circulan en este Valle y que usan combustible diésel.

Para mejorar y mitigar la contaminación del aire en esta zona, el AMVA y la Alcaldía de Medellín han declarado contingencias ambientales, buscando proteger la salud de los ciudadanos. La principal característica de estas medidas es el aumento en la limitación del tiempo de circulación de vehículos. Particularmente para los vehículos de carga, se restringe su circulación o se disminuye el tiempo para hacerlo, así sus propietarios utilizan menos los vehículos y su productividad se ve reducida (Martínez-Ángel, 2018).

Un estudio realizado por la unión temporal Ernst & Young - E&Y en 2015 para el Ministerio de Minas y Energía, indica que el 70% de los propietarios de los vehículos de carga corresponden a personas naturales con baja capacidad de endeudamiento y que sus economías insuficientes o ajustadas no les permite la chatarrización y cambio de sus vehículos, un mínimo porcentaje de las personas jurídicas propietarias de vehículos pesados han acudido al modelo de renting con el cual toman en arriendo vehículos modernos y de tecnología eléctrica (Medellín Herald, 2019).

El 26 de junio de 2019 se expidió el Decreto 1120 que en sus artículos 6 y 7 especifica que el Ministerio de Transporte diseñará un programa con el objeto de promover la desintegración y modernización del parque automotor de carga que sólo aplicará para vehículos con Peso Bruto Vehicular - PBV, mayor a 10,5 toneladas; para esta actividad los propietarios que hagan el registro inicial de un vehículo, teniendo en cuenta que no será reemplazados por otro, deben pagar el 15% del valor comercial del vehículo sin incluir el Impuesto al Valor Agregado – IVA (Ministerio de Transporte, 2019a). Los vehículos de PBV inferior, objeto del presente estudio, deberán someterse a su registro inicial según lo indicado en la resolución 12379 de 2012.

En otros países se constata que gracias a la economía circular, el destino de rubros importantes han promovido la transición ecológica, la eficiencia energética y a su vez han fortalecido la economía con el desarrollo de actividades como la venta de vehículos eléctricos y la desintegración de otros que ya han llegado a su fin de vida y de las cuales sus partes pueden ser el insumo de inicio de otras actividades de fabricación y/o reparación de otros vehículos. Se resalta que los incentivos brindados para cambio de vehículos

muchas veces obedecen a impulsos que los gobiernos brindan para que la economía continúe su crecimiento en épocas de crisis. De hecho, la venta de vehículos nuevos y sus matrículas pueden servir de indicador económico según los economistas Atif Mian y Amir Sufi.

Para que el crecimiento del parque automotor eléctrico sea exitoso, se requiere en buena medida la disponibilidad de estaciones de carga rápida. Mientras los usuarios tengan que destinar menos tiempo para cargar su vehículo y lo puedan hacer en lugares accesibles, la confianza de adquirir estos vehículos ira en crecimiento. Por lo tanto, dependiendo de los posibles desplazamientos, uno de los principales requerimientos que faciliten la adaptación de nuevas tecnologías vehiculares es crear una red de recarga adecuada.

Teniendo de referencia la información expuesta se procede a desarrollar un modelo financiero que compara el costo de propiedad de la tecnología eléctrica y de la de combustión interna, considerando la legislación vigente para la desintegración, los incentivos de los vehículos eléctricos y la infraestructura de carga existente.

1.Hipótesis

¿Existen las condiciones técnicas y económicas para que los propietarios de camiones de carga (combustión interna) menores de 10,5 toneladas PBV puedan cambiarse a la tecnología eléctrica, y de esta forma contribuir al mejoramiento de la calidad del aire en el Valle de Aburrá?

2.Objetivos

2.1 Objetivo General

Realizar una propuesta de viabilidad técnico-económica para la chatarrización y cambio de camiones de carga menores a 10,5 toneladas a vehículos eléctricos como un aporte al mejoramiento de la calidad del aire en el Valle de Aburrá.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un análisis de los referentes técnicos, económicos y ambientales utilizados en otros países para migrar a vehículos eléctricos como contribución al desarrollo sostenible.
- Analizar desde el punto de vista técnico y económico la viabilidad de modernización de vehículos de carga de combustión interna a eléctricos.
- Presentar la propuesta para la modernización de los vehículos de carga de combustión interna a eléctricos.

3. Metodología

En los últimos años se escucha con frecuencia hablar de transición energética, de descarbonización de vehículos eléctricos y de la fuerza que ha tomado en algunos países los planes de gobierno y compromisos internacionales que proponen incentivos para apoyar y promover el cambio de vehículos de combustión interna a eléctricos.

La mayoría de la información encontrada en cuanto a estos incentivos hace alusión a automóviles y en menor proporción a camiones. La información relacionada con la chatarrización y los incentivos que se reciben por esta actividad es de difícil obtención; sin embargo, en Colombia hay un plan claro para la modernización de vehículos de carga pesada mayores a 10,5 toneladas fuera del objeto del presente estudio.

En contraparte, la información relacionada con camiones eléctricos e infraestructura de carga es abundante pues son tecnologías presentes en el mercado hace más de una década, cuando apareció el primer estándar de carga (CHAdEMO¹). Finalmente, es también cuantiosa la información en lo concerniente a estudios ambientales y afectación a la salud de las personas que dan soporte a la necesidad de reducción de emisiones contaminantes causadas por los vehículos.

Al evaluar la totalidad de factores involucrados en el desarrollo de esta metodología se definen entonces cuatro pilares:

1. Afectaciones a la calidad del aire y a la salud de las personas que son causadas por camiones de peso inferior a 10,5 toneladas con más de 10 años de circulación,
2. Chatarrización de estos vehículos
3. Caracterización de los nuevos camiones eléctricos y de la infraestructura de carga que reemplazarían a los contaminantes
4. Los incentivos económicos para llevar a cabo este proceso de forma exitosa pues a primera vista los vehículos eléctricos serían más costosos que aquellos de combustión interna.

¹ Protocolo de carga DC. <https://chademo.com/>

En primer lugar, esta investigación se centró en la búsqueda de referentes internacionales, en bases de datos científicos, revistas especializadas y artículos de actualidad. Particularmente, para la categoría de vehículos eléctricos e infraestructura de carga se recurrió a la investigación en portales especializados en movilidad eléctrica que publican constantemente novedades comerciales y tecnológicas del sector. Seguidamente, se realizó la búsqueda de referencias nacionales, tanto en bases de datos científicas como desde el punto de vista de aspectos normativos, que de alguna manera soportan estos pilares.

Luego, se tomó esta información y se trató de trazar el recorrido de los países de referencia para entender un poco el desarrollo de estos antecedentes, identificando las principales variables ambientales, técnicas, económicas y sociales utilizadas, de tal manera que estas puedan ser comparables con la información de Colombia.

Finalmente, se realiza una selección de las variables que aplican a la situación en Colombia y con ellas se crea un modelo técnico-económico en el cual se simuló escenarios para indicar si es viable o no realizar este proceso de modernización.

3.1 Enfoque y tipo de investigación

La evaluación técnica busca definir la viabilidad de producir un bien o prestar el servicio, con unas condiciones de localización, para lo cual se examina la tecnología propuesta y la compatibilidad con la disponibilidad de recurso e insumos en el lugar. Por su parte, la evaluación económica a diferencia de la financiera tiene un enfoque macroeconómico y evalúa externalidades, en este caso del medio ambiente y bienestar de la población (Arboleda, 2013).

Por lo tanto, la presente evaluación pretende desde un punto de vista técnico evaluar la viabilidad del servicio y las condiciones de los vehículos eléctricos para su masificación en el Valle de Aburrá, evaluando las capacidades técnicas para la geografía de la zona y el agenciamiento de los vehículos con garantías y repuestos. Desde un punto de vista económico se examina el bienestar en general de los habitantes del Valle de Aburra ante

los cambios de tecnología de los camiones y se tiene en cuenta además el costo de propiedad de ellos.

El enfoque metodológico del presente trabajo tiene una naturaleza mixta, dado que la investigación profundiza en los pilares descritos anteriormente para lograr el cambio de camiones contaminantes a eléctricos partiendo de un análisis documental y de la utilización de la metodología cualitativa inductiva para llegar a unas conclusiones preliminares.

Para el desarrollo particular del tema de calidad del aire, se tomaron como referencia los estudios más recientes del inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá para cuantificar el impacto que producen estos vehículos sobre el medio ambiente y sobre la salud de las personas al estar expuestas al del material particulado que arrojan los vehículos mientras se desplazan.

Simultáneamente para los vehículos eléctricos y la infraestructura de carga, el enfoque a utilizar fue netamente cuantitativo, dado que se analizó una realidad objetiva de condiciones técnicas que ya existen. Esta tecnología se introdujo hacia 2010 y ese ha sido el punto de partida de nuevos desarrollos para todo tipo de vehículos, cargadores, baterías e infraestructura de carga para que tengan la robustez necesaria para suministrar la energía que requieren estos vehículos.

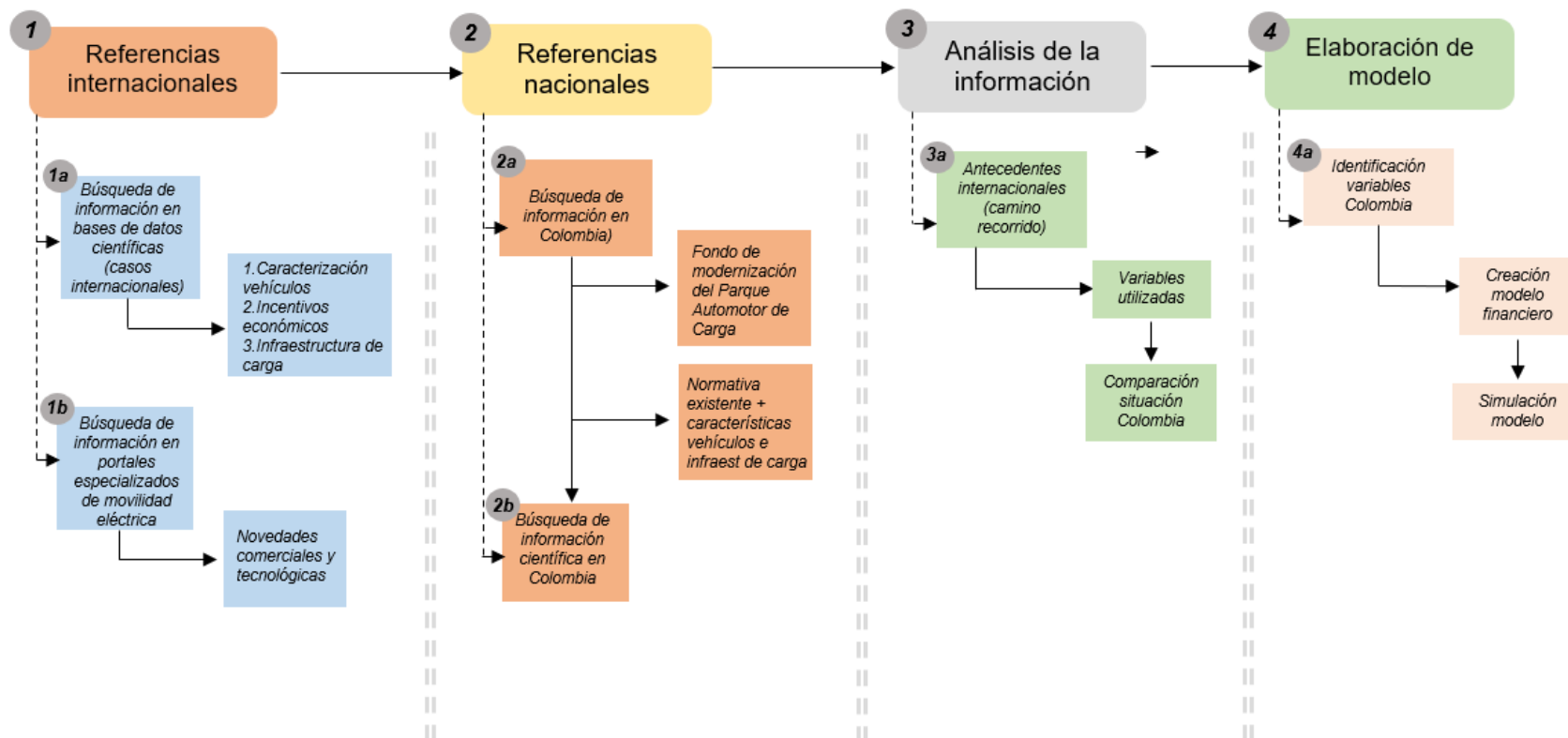
Bajo un enfoque investigativo, se revisa el componente técnico de camiones eléctricos menores a 10,5 toneladas, y varias de sus características como: eficiencia, ciclo de vida de sus baterías, precios y la vida útil que serán los insumos para el siguiente pilar.

Finalmente, en el tema de incentivos económicos, el enfoque fue igualmente cuantitativo, dado que se requirió de información económica de los vehículos, sus costos de operación y mantenimiento y posibles estímulos para cambiar de tecnología.

En la **Figura 1** se aprecia los pasos que se siguieron para el desarrollo del método de investigación.

Figura 1.

Secuencia de desarrollo del método de investigación



Nota. Elaboración propia

3.2 Modelo financiero del costo de ciclo de vida

3.2.1 Selección de los vehículos

Los costos e información de los vehículos fueron obtenidos de la empresa JMC la cual maneja ambas tecnologías y cuyo conector utilizado actualmente para el camión eléctrico es el estándar internacional CCS2. (G. Murcia, comunicación personal, 24 de marzo de 2023). El acceso a la información del costo de compra de ambos vehículos fue obtenido mediante una cotización realizada el 24 de marzo de 2023 de la empresa Jiangling Motors Colombia – JMC.

Para el modelo eléctrico, el costo indicado ya contempla el beneficio del IVA del 5%. Esta información puede ser encontrada en el anexo 1.

A continuación, en la **Tabla 1**, se listan las características de los vehículos.

Tabla 1.

Características principales de los vehículos

Vehículo	CRP 4,5 Ton (JX1062TG24)	CONQUER 4,2T EV (JX5043XXYTGE25BEV)
Tecnología	Diésel	Eléctrico
Precio (COP)	127.318.100	229.990.000
PBV (kg)	7.050	7.040
Potencia Máxima (HP)	107,66	160,92

Nota. Elaboración propia con información del anexo 1

3.2.2 Análisis técnico-económico

Para analizar el costo de ciclo de vida de los vehículos se tuvieron en cuenta todos los costos asociados a lo largo de sus vidas útiles, desde la adquisición, operación, mantenimiento, hasta su disposición final y valor de salvamento. También se tuvo en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

La relación entre el valor presente y el valor futuro está dada por la Ecuación (1):

$$VP = \frac{VF}{(1+r)^i} \quad (1)$$

Donde VP = valor presente (COP), VF = valor futuro (COP), r = tasa de descuento (%) e i = año.

Dada la naturaleza de este proyecto, el cual requiere de apoyo estatal, la tasa de descuento r utilizada en este trabajo es del 9.5% que corresponde a un valor en el intervalo recomendado entre el 9% y 12% según el Departamento Nacional de Planeación para la evaluación de proyectos de inversión del sector público.

Considerando la vida útil de los vehículos como n , el valor presente acumulado está dado por la Ecuación (2):

$$VPA = \sum_{i=1}^n \frac{VF_i}{(1+r)^i} \quad (2)$$

Donde VPA = valor presente acumulado. Como puede observarse VP y VPA son dependientes de la tasa de descuento r y del año i .

3.2.3 Costo de adquisición

La Ley 1715 de 2014, de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional apoyando los proyectos que son matriculados como descarbonización y permitiendo descontar hasta el 50% de la renta líquida hasta por 5 años (Ministerio de Minas y Energía & Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), s. f.), con lo cual el costo de adquisición puede ser menor.

El escenario presentado inicialmente, se basa en el supuesto de que el pago de la totalidad del vehículo eléctrico se hará en el primer año, es decir, el propietario adquirirá un automotor sin préstamos, liberando los costos de adquisición del interés variable.

3.2.4 Costo de operación

En los costos operacionales (CO) se incluyen los costos de combustible ya sea diésel (CC_{ci}) o electricidad (CC_{EV}), los impuestos anuales (IA_i), el seguro contra daños a terceros (ST_i), el SOAT ($SOAT_i$) y la revisión técnico-mecánica (RTM_i).

Los impuestos anuales pueden variar dependiendo de la forma en la que se registre el vehículo: particular (placa amarilla) o transporte público (placa blanca).

Los vehículos particulares deben pagar anualmente un impuesto en función de su cilindraje y avalúo comercial; los vehículos objeto del estudio pagarían el 3,5% y los eléctricos el 1%. Los vehículos de transporte público de pasajeros y de carga, según el artículo 166 de la ordenanza 62 de 2014 están exentos de este impuesto y solo deben pagar un impuesto de rodamiento en el municipio en el cual están matriculados correspondiente al 0,5% del avalúo.

Es importante tener en cuenta que para que un vehículo de carga sea matriculado como transporte público en Colombia, debe estar afiliado a una empresa privada que tiene ciertos cupos (A. Cañas, comunicación personal, 11 de febrero de 2023).

Por otro lado, el seguro contra daños a terceros depende de la cobertura que desee tener el propietario del vehículo, se estima uno similar para ambas tecnologías.

El SOAT de un vehículo eléctrico tiene un 10% de descuento respecto a uno de combustión interna².

² Ley 1964 de 2019

La revisión técnico-mecánica para ambos vehículos es obligatoria a partir del segundo año después de la fecha de la matrícula si está registrado como transporte público, en cambio sí es como vehículo particular es cada 5 años (Ministerio de Transporte, s. f.).

Dado que el estudio se enfoca en pequeños propietarios, se parte del supuesto de que la matrícula de los vehículos se hace como particulares.

El costo del combustible para los vehículos diésel (C_{CI}) o eléctricos (C_{elec}) depende de la distancia recorrida (D_i) y del costo en pesos colombianos por km, diésel ($\$/km_{CI}$) y eléctrico ($\$/km_{EV}$).

Para el cálculo de estos valores se parte de la capacidad de almacenamiento, tanto de combustible como de energía y su costo, y de la autonomía en km de cada tecnología.

Se considera que los vehículos recorren diariamente alrededor de 80km, 6 días hábiles a la semana, durante 12 meses, con lo cual la distancia recorrida anual será de 23.040km.

En el modelo se presupuesta el combustible a lo largo de un año, mediante la Ecuación (3) para los camiones de combustión interna y mediante la Ecuación (4) para los camiones eléctricos. Se supone que no hay cambios en el precio del diésel y en el kW/h.

$$CC_{CI,i} = \$/km_{CI} \times D_i \quad (3)$$

$$CC_{EV,i} = \$/km_{EV} \times D_i \quad (4)$$

Por lo tanto, los costos operacionales están dados por la Ecuación (5):

$$CO = \sum_{i=1}^n CC_i + IA_i + ST_i + SOAT_i + RTM_i \quad (5)$$

3.2.5 Costos de mantenimiento

En esta variable se incluyen los costos periódicos de mantenimiento (CPM_i), el reemplazo de la batería (RB_i) para los eléctricos y el reemplazo de las llantas (RL_i).

En la Ecuación (6) se calculan los CPM_i dados en relación con una tasa de mantenimiento (TM) y a la distancia recorrida D_i . Para ambos tipos de camiones los fabricantes brindaron estas tasas. Los mantenimientos no programados se excluyen.

$$CPM_i = TM \times D_i \quad (6)$$

Los costos de reemplazo de batería y de las 8 llantas se causan en el noveno y dieciochoavo año para la batería y al inicio de cada tercer año o 50.000 km para las llantas. Estos valores corresponden a los especificados por los fabricantes de los vehículos.

El costo de reemplazo de la batería es uno de los más importantes en los costos de mantenimiento para el vehículo eléctrico. Hoy se estima que este costo se ubica entre el 25% y 30% del valor del vehículo. Con el tiempo, estos valores han venido disminuyendo notablemente, en el año 2019 cuando Auteco importó sus primeros camiones eléctricos, el costo de las baterías se estimaba en un 60% del costo del vehículo (A. Moncada comunicación personal, 20 de octubre de 2023).

De acuerdo con la información brindada por el comercializador de la marca JAC, las baterías del vehículo objeto del estudio están diseñadas para 2500 ciclos de carga de 0% a 100%, por lo que aproximadamente el cambio debería hacerse alrededor de los 10 años cuando su rendimiento es inferior al 80%. Estas baterías tienen una garantía de 5 años o 200.000 km.

Las baterías tienen 3 opciones para su restitución y/o cambio:

- Reparación y/o cambio de las celdas que tienen problemas
- Se cambian por unas nuevas y a las retiradas se les brinda una segunda vida en otro tipo de aplicaciones. Hay un valor de compra para este fin que se ubica alrededor del 8% del valor del vehículo

- Realizar una disposición final de las baterías, en la cual se puede reciclar el 97% de sus componentes.

Por lo tanto, los costos de mantenimiento (CM) están dados por:

$$CM = \sum_{i=1}^n \frac{CPM_i + RB_i + RL_i}{(1+r)^i} \quad (7)$$

3.2.6 Valor de salvamento

En la Ecuación (8) se hace el cálculo del valor de salvamento (VS) en el año (i) que considera el Costo de Adquisición (CA), el valor de salvamento al final del periodo evaluado (VS), los años de vida útil (n):

$$VS_i = CA - \left[\frac{CA - VS}{n} \right] * i \quad (8)$$

Específicamente el valor de salvamento (VS) se define como el valor que se podría obtener al final de la vida útil de los vehículos, en este caso en particular un horizonte de 20 años, por lo cual es una fórmula que se ajusta al tiempo.

3.2.7 Cálculo del costo del ciclo de vida

En la Ecuación (9) se aprecia el costo del ciclo de vida (CCV) que hace alusión al total de los cálculos de adquisición del valor presente, los costos de operación y mantenimiento menos el valor de salvamento.

Un CCV bajo indica que el vehículo es más asequible.

$$CCV = CA + \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} \times (CC_i + IA_i + ST_i + SOAT_i + RTM_i + CPM_i + RB_i + RL_i + DFB_i) - VS_i \quad (9)$$

3.2.8 Evaluación económica a precios constantes

La revisión de la literatura financiera y de proyectos permite identificar al menos tres enfoques para la evaluación de proyectos en contextos inflacionarios. Al respecto (Vélez Pareja, 2001) plantea tres enfoques: evaluación a precios corrientes, constantes o relativos.

Desde una perspectiva teórica los mercados en condiciones de competencia perfecta garantizan la formación de los precios de los bienes y servicios a partir de la correcta información de los agentes económicos. Si se analiza desde el punto de vista práctico de los mercados en Colombia de los bienes y servicios, estos presentan distorsiones en la formación de los precios porque no dependen exclusivamente de las consideraciones del mercado, sino también de las políticas gubernamentales, como es el caso de la existencia de la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREC que regula este sector. Para el caso de los precios de los combustibles, estos se fijan por las políticas trazadas por el Ministerio de Minas y Energía.

Para efectos del presente trabajo de investigación se realizará la evaluación económica a precios constantes. Así se eliminarán distorsiones en los resultados que se pueden originar por la incertidumbre asociada a los cambios en los precios de la energía, del combustible, el precio de las llantas, entre otros en la estimación del costo del ciclo de vida de ambas alternativas.

El modelo del ciclo de vida considera las variables: Stock y flujo. Para relacionar estos dos tipos de variables es necesario considerar el valor del dinero en el tiempo. Los costos de mantenimiento, combustible y la energía son las variables flujo que se proyectan a lo largo de horizonte de evaluación de veinte años. Los valores de salvamento es una variable stock al final de periodo que requiere traerse al presente. El valor de los camiones como variable stock no requiere estimación, dado que está en el presente. Finalmente, el ciclo de vida de los camiones es una variable que está ubicada en el presente consolidando la sumatoria de los variables flujos y stock.

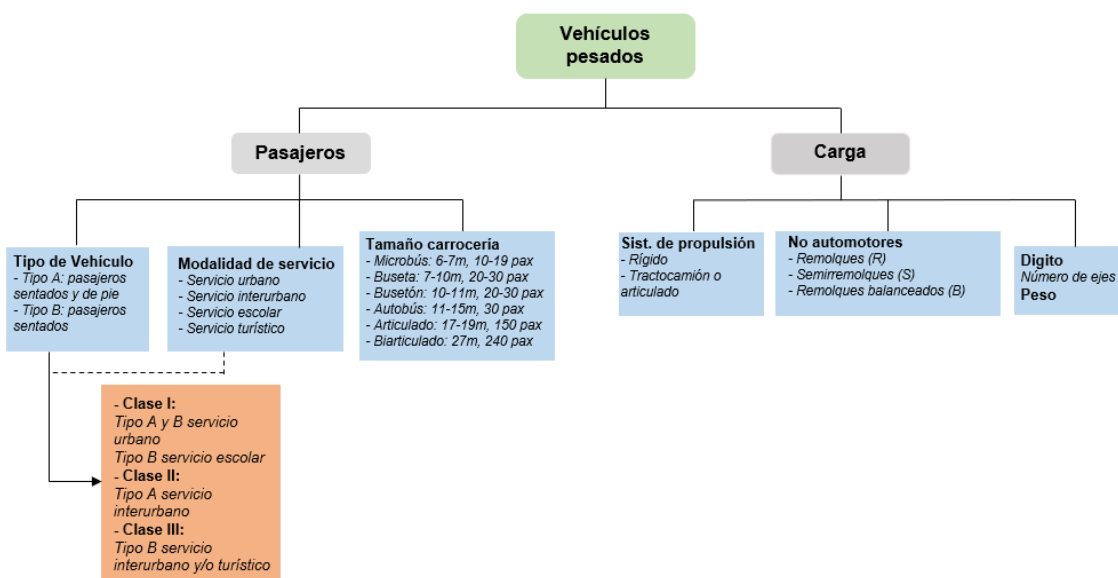
4. Marco teórico

4.1 Clasificación vehículos pesados

Los vehículos pesados pueden clasificarse en: vehículos pesados de pasajeros y vehículos pesados de cargas, tal como se aprecia en la **Figura 2**. Las normas para cada uno de ellos son diferentes y hay variaciones dependiendo de algunas características principales como capacidad, peso y carrocería.

Figura 2.

Clasificación vehículos pesados



Nota. Elaboración propia con información del artículo Autocrash y de la Resolución 004100 (Autocrash, 2016; Ministerio de Transporte, 2004)

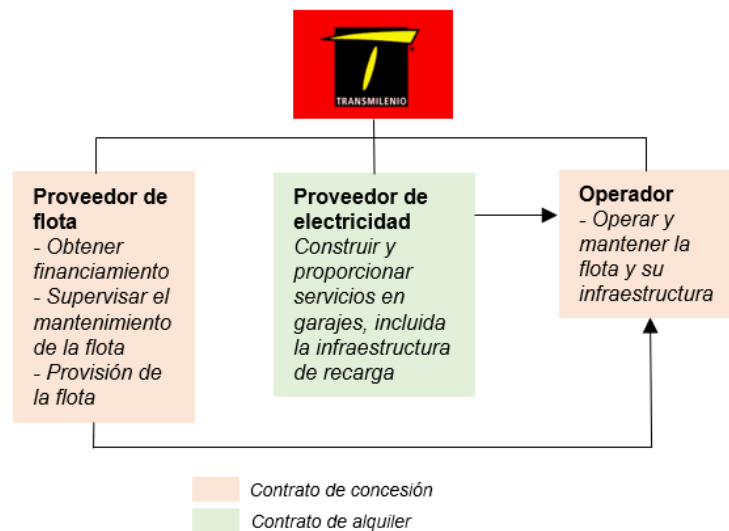
Los vehículos de transporte de pasajeros sean públicos o privados, funcionan a través de una empresa privada o una alianza público-privada (A. Cañas, comunicación personal, 11 de febrero de 2023), que tiene más recursos económicos que una persona natural.

Este modelo de negocio puede evidenciarse en la ciudad de Bogotá, donde se implementó con la empresa Transmilenio la operación de 1.485 buses de tecnología eléctrica a 2022

para el SITP (Sistema Integrado de Transporte Público) mediante 2 contratos de concesiones y un contrato de alquiler. La **Figura 3** permite concluir que, debido a las políticas públicas y la separación de responsabilidades en las actividades de operación y previsión, hay una división de riesgos por lo que ha sido posible acceder a créditos, además de ser posible la transición entre operadores sin perjudicar la disponibilidad de la flota (Batista & Bastos, 2023).

Figura 3.

Modelo de negocio Transmilenio



Nota. Elaboración propia con información del caso de estudio de TUMI (Batista & Bastos, 2023)

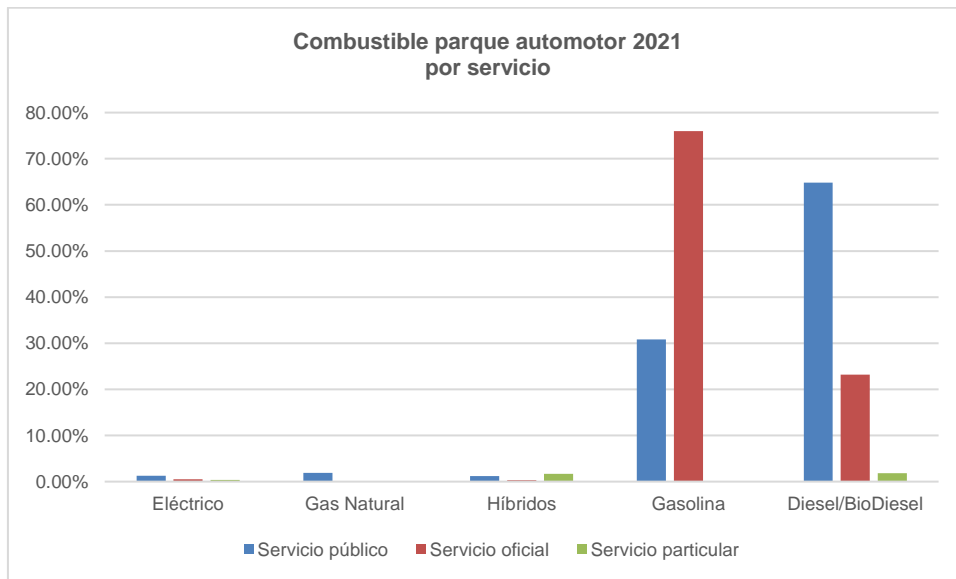
Para el desarrollo de este trabajo en particular, se trabajarán con camiones de carga de peso bruto vehicular inferior a 10 toneladas, cuyos propietarios son personas naturales; como se mencionó en la introducción y tomando de referencia lo indicado por Chaves Acosta y el estudio realizado por Ernst & Young: “los camiones son responsables del 40% del material particulado y el 70% de sus propietarios no son personas jurídicas con baja capacidad de endeudamiento y economías insuficientes que no les permiten chatarrizar sus vehículos antiguos y acceder a una tecnología menos contaminante”.

Para el año 2021, Colombia contaba con 288.164 camiones con matrícula activa, lo que representó un 1,71% del parque automotor en ese momento.

Tal como se observa en la **Figura 4**, al analizar el tipo de combustible usado del parque automotor por el servicio que prestan los vehículos registrados en 2021, se observa que el Diésel/Biodiésel tiene una gran participación.

Figura 4.

Combustible parque automotor 2021 por servicio



Nota. Elaboración propia con información del Anuario Nacional de Transporte de 2021 (Ministerio de Transporte, 2022)

Los camiones objeto del presente estudio que prestan su servicio en los segmentos público y particular funcionan en su gran mayoría con Diésel/Biodiésel. En el año 2021 el 62.1% de las matrículas eran anteriores al año 2010, con lo cual se soporta la idea de que vehículos con más de una década son mucho más contaminantes que tecnologías emergentes como la eléctrica.

A continuación, se hará una revisión de los aspectos más importantes:

4.2 Clasificación camiones

El 28 de diciembre de 2004 fue publicada la resolución 004100 que reglamenta la tipología de los vehículos automotores de carga para transporte terrestre en Colombia para su circulación en la red vial del país. En la

Tabla 2 es posible observar sus límites de pesos y de dimensiones.

Tabla 2.

Clasificación camiones en Colombia

Designación	Descripción	Dimensiones máximas (Ancho x Alto x Largo)	Máximo PBV (kg)
2	Camión de 2 ejes. Camión sencillo	2,60 x 4,40 x 10,80	16.000
3	Camión de 3 ejes. Dobletroque	2,60 x 4,40 x 12,20	28.000
			31.000 ³
4	Camión de cuatro ejes	2,60 x 4,40 x 12,20	36.000 ⁴ 32.000 ⁵
2S1	Tractocamión de dos ejes con semirremolque de un eje	2,60 x 4,40 x 18,50	27.000
2S2	Tractocamión de dos ejes con semirremolque de dos ejes	2,60 x 4,40 x 18,50	32.000
2S3	Tractocamión de dos ejes con semirremolque de tres ejes	2,60 x 4,40 x 18,50	40.500
3S1	Tractocamión de tres ejes con semirremolque de un eje	2,60 x 4,40 x 18,50	29.000
3S2	Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes	2,60 x 4,40 x 18,50	48.000
3S3	Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes	2,60 x 4,40 x 18,50	52.000

Nota. Elaboración propia con información de la resolución 004100 del 28 de diciembre de 2004

³ Para el caso de un eje direccional y un eje tridem.

⁴ Para el caso de un eje direccional y un eje tandem.

⁵ Para el caso de dos ejes delanteros de suspensión independiente.

Los vehículos objeto del estudio son aquellos designados como 2 y se les agrega una “C” de camión, C2. La resolución 004100 indica que estos vehículos que tienen un PBV menor a 10 toneladas tendrán como PBV autorizado el fijado por el fabricante.

Posterior a esta resolución, mediante las resoluciones 6427 de 2009, 2308 de 2014, 2498 de 2018 y la 20213040032795 de 2021 se establecen disposiciones para el control del peso de los vehículos de carga de dos ejes en las básculas. Se actualiza en cada una de ellas los mecanismos mediante los cuales se harán los controles y los pesos autorizados.

4.2.1 Categorías euro

La Comunidad Europea, ha establecido normas para controlar las emisiones de los motores diésel, son lineamientos que se actualizan a lo sumo cada 5 años y que propenden tal como se muestra en la **Tabla 3** por la disminución de los gases contaminantes y material particulado que producen los vehículos durante su proceso de combustión.

Tabla 3.

Normas Europeas para tecnologías diésel

Tecnología	Fecha de Aplicación	Normativa	Ciclo de ensayos	CO (g/kWh)	HC	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro I	1 de octubre de 1993	Directiva 91/542/CEE	ECE R-49	45	1,1	8	0,36
Euro II	1 de octubre de 1996	Directiva 91/542/CEE	ECE R-49	4	1,1	7	0,15
Euro III	1 de octubre de 2001	Directiva 99/96/CE	ESC & ELR	2,1	0,66	5	0,1
Euro IV	1 de octubre de 2006	Directiva 2005/55/CE	ESC & ELR	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro V	1 de octubre de 2009	Directiva 2005/55/CE	ESC & ELR	1,5	0,46	2	0,02
Euro VI	31 de diciembre 2013	Reglamento 595/2009	ESC & ELR	1,5	0,13	0,4	0,01

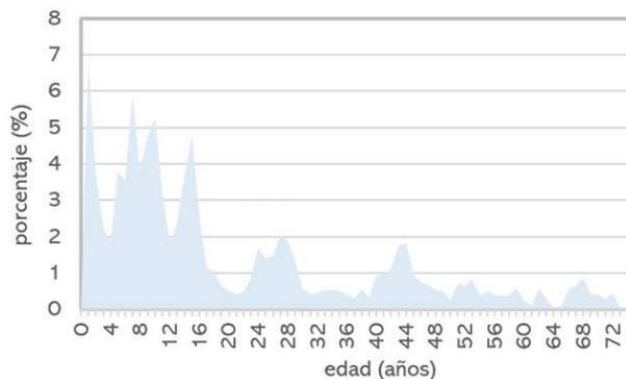
Nota. Elaboración propia con información de las directivas CE 91/542, 99/96, 2005/55, Reglamento 595/2009 y Boletín FAL (Unidas, 2018)

En octubre y noviembre de 2018 el grupo de Logística y Carga del Ministerio de Transporte realizó visitas a algunos fabricantes y comercializadores de vehículos de carga con el objetivo de conocer las tecnologías que utilizaban y su gestión con los combustibles alternativos a un futuro cercano. La tendencia en ese momento era la comercialización de vehículos euro IV y con miras a la introducción de euro V. Varios comercializadores coincidieron en que hay una diferencia en precio (alrededor de 4%, 3000USD), y que el consumo de combustible es inferior entre el 3% y 8%. Para la tecnología euro V es necesaria la utilización de urea en el sistema de tratamiento de gases, entre 3 y 5 galones por cada 100km o 70 galones de diésel. Por otro lado, el sistema euro V es más sensible a las impurezas porque la presión de inyección es de 35.000 PSI vs 28.000 PSI para la tecnología euro IV (Ministerio de Transporte, 2019b).

Sin embargo, retomando lo referenciado por Chaves Acosta en la introducción, la clasificación del parque automotor de camiones corresponde al 25% tecnología pre-euro, 60% euro II y 15% euro IV. Es decir, se reafirma que en Colombia tenemos un parque automotor de carga muy antiguo y específicamente para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá tal como lo muestra la **Figura 5**.

Figura 5.

Perfil de antigüedad camiones Valle de Aburrá



Nota. Figura del inventario de emisiones atmosféricas del VA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023)

4.2.2 Combustibles para camiones

En Colombia la mayoría de los camiones objeto del estudio utilizan como combustible el ACPM – Aceite Combustible Para Motores (Diésel Corriente), que según el artículo 1 de la resolución 091 de 2007 de la CREG, corresponde al Fuel Oil No. 2D y se referencia por las normas ASTM D 975 y NTC 1438. Solamente en Colombia a este tipo de combustible se le conoce como ACPM o Diésel o Biodiesel, en otros países de la región se conoce como petrodiesel. EL ACPM es un combustible que se obtiene a través de la destilación del petróleo, cuyo proceso de refinamiento es más sencillo que el de la gasolina, por lo cual, este contaría con mayores concentraciones de azufre y de otros materiales (Santiago, 2018).

Hacia donde se busca enfocar este estudio es la tecnología eléctrica, para que los vehículos funcionen con energía. En la

Tabla 4 es posible apreciar un resumen de las marcas y cantidades de vehículos del segmento comercial carga de PBV inferior a 10,5 toneladas que han sido importados y registrados en los últimos años en Colombia y hasta el mes de abril de 2023.

Los camiones de las marcas Dongfeng, Stark y JAC que representan el mayor porcentaje de los vendidos en Colombia, tienen características similares: autonomía de alrededor de 200km, baterías de litio-hierro-fosfato y conector de carga GBT con lo cual se identifica el origen de fabricación de ellos, China.

Tabla 4.

Resumen de importación vehículos eléctricos de carga segmento comercial

Marca	2019	2020	2021	2022	abr-23	Total por marca
Brenson	2					2
BYD					1	1
Dongfeng			46	30	47	123
Ford					77	77
Foton			1			1
Hino	16	18	22	3	3	62
Isuzu			1			1
JAC		16	14	8	9	47
JMC			1			1
Lianke		1				1
Qingling					1	1
RAM			34			34
Renault					1	1
Shacman		3				3
Stark	61	94	97	134	19	405
Winlee		5				5
Zhidou					137	137
ZNA			2			2
	79	137	218	175	295	904

Nota. Elaboración propia con información de los informes interactivos de ANDEMOS

4.3 Desintegración vehículos

La actividad de desintegración para vehículos de carga puede ser realizada únicamente por entidades habilitadas por el Ministerio de Transporte que cuenten con certificado ambiental de acuerdo con la Resolución 1606 de 2015. En la **Tabla 5** se pueden apreciar las entidades habilitadas en Colombia para esta actividad.

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Tabla 5.

Entidades habilitadas en Colombia para desintegración de vehículos

Desintegradora	Resolución Habilitación	Certificación ambiental	Sedes de operación
DIACO S.A.	Resolución 1442 de 2004	Decisión 1707-3674 del 19 de Julio de 2017. Expedida por Corantioquia	Medellín
		Resolución 000726 del 24 de Julio de 2018. Expedida por el Área Metropolitana de Bucaramanga	Bucaramanga
		Resolución 00825 del 1 de mayo de 2019. Expedida por la Secretaría De Ambiente De Bogotá D.C.	Bogotá
Unión Temporal RYM S.A.S.	Resolución 730 de 2016, 1536 de 2016 y 3896 de 2016	Resolución 210 del 14 de junio de 2016. Expedida por EPA Cartagena	Cartagena
		Resolución no. 5-5779 de 2018 expedido por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda	Dos Quebradas - Risaralda
		Resolución 0710 No. 0713 000626 de 2017. Expedida por la Corporación Autónoma Regional del Valle Del Cauca	Yumbo - Valle
		Resolución 2270 del 4 de septiembre de 2018. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	Bello - Antioquia
Siderúrgica de Occidente S.A.	Resolución 3847 de 2013	Resolución 0710 no. 713 1106-2016 del 18 de noviembre de 2016. Expedida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.	Yumbo-Valle
Unión Temporal SCT MERL S.A.S	Resolución 3953 de 2013/ Resolución 1854	Resolución 0710 – 713 -000063 del 31 de enero de 2018. Expedida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	Yumbo-Valle
		Resolución 0907 del 31 de mayo de 2016. Expedida por el DAMAB.	Barranquilla
		Resolución 3255 de 2018. Expedida por la Secretaría de Ambiente de Bogotá	Bogotá
		Resolución 160AN-1612 18583 del 22 de diciembre de 2016. Expedida por Corantioquia.	Bello - Antioquia
SIDENAL	Resolución 000405 DE 2005	Resolución 2108 del 11 DE Julio DE 2019. Expedida por la Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca - CAR	Tocancipá

Nota. Elaboración propia con información del Ministerio de Transporte⁶

⁶ <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/7182/entidades-desintegradoras-de-carga/>

La desintegración física de vehículos o también conocida como chatarrización, consiste en la destrucción de todos los elementos y componentes del automotor por parte de cualquier entidad desintegradora, debidamente autorizada por el Ministerio de Transporte. Las desintegradoras son este último organismo, que realizando un seguimiento de cada caso particular, deben asegurar que el peso del vehículo al ingresar sea igual al de la salida, pero separado dependiendo del material: líquidos, componentes plásticos, materiales eléctricos y electrónicos, acero, aluminio, cobre entre otros. Estas entidades son vigiladas por la Superintendencia y el Ministerio de Transporte, ellos en cualquier momento pueden solicitar videos del proceso de desintegración (auditados).

Desde el punto de vista de economía circular, es posible que en el proceso de desintegración se haga la separación y rescate de piezas que se encuentren en buen estado para reutilizarlas como repuestos de otros vehículos, esto es conocido como salvamentos o aprovechamientos. Este proceso aplica para aquellos automotores que se encontraban asegurados y que fueron declarados pérdida total. Así dichas piezas pueden volver al mercado con una marcación especial; sin embargo, el proceso debe ser cuidadoso y bajo control porque si se venden como repuestos de primera o segunda pueden impactar la seguridad vial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021) (E.A. Rueda, comunicación personal, 12 de octubre de 2021).

La desintegración de vehículos según la Resolución 1606 de 2015 tiene como referencia el concepto de economía circular pues propende la reutilización de materiales y la recuperación de piezas para que sean de nuevo reincorporados en la cadena productiva de los vehículos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Según la Guía Ambiental para el tratamiento de vehículos al final de su vida útil o desintegración vehicular, en el proceso de desintegración de vehículos intervienen diferentes actores que aseguran que este pueda realizarse completamente:

- **Propietario del vehículo:** tiene la potestad de decidir si lo desintegra y es responsable de obtener el certificado de revisión técnica expedida por la DIJIN. Luego debe llevarlo a una entidad desintegradora habilitada por el Ministerio de Transporte; si el vehículo no puede movilizarse se debe transportar hasta dicho lugar por medio de una grúa o vehículo similar.

- **Transportador de vehículos al final de su vida útil:** cuando el vehículo no se puede movilizar por sus propios medios, estos transportadores se encargan de llevarlos hasta la DIJIN para obtener el certificado de revisión técnica y luego lo trasladan hasta la entidad desintegradora.
- **Entidad desintegradora o CTVFVU:** Entidad habilitada por el Ministerio de Transporte para llevar a cabo la desintegración vehicular según las normas vigentes. Al finalizar el proceso, expide el certificado de desintegración en el cual se da constancia de que se inhabilitaron de forma irreversible todas las piezas y partes que integraban el vehículo; si la entidad puede hacer recuperación de piezas, el certificado indica que el vehículo fue objeto de desintegración.
- **Gestor de residuos:** Es la entidad que cuenta con los permisos para realizar la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y disposición final de los residuos que surgen como resultado del proceso de la desintegración vehicular.
Aquellos gestores de Respel y RAEE deben contar con una licencia ambiental otorgada por la autoridad competente con jurisdicción en el sitio donde tienen sus instalaciones.
- **Autoridad distrital o municipal de tránsito y movilidad:** Supervisa el proceso de desintegración, realiza la cancelación de la matrícula del vehículo y actualiza la información en el RUNT.
- **Dirección de Investigación Criminal e Interpol (DIJIN):** Realiza una revisión técnica del vehículo en el que se verifica la identificación del vehículo: motor, serie, chasis y que corresponda con lo registrado en el RUNT. Además, que el vehículo no tenga ninguna restricción ni orden judicial.
- **Autoridad ambiental:** Emite a las entidades desintegradoras la certificación ambiental para el proceso de desintegración. Esta autorización es necesaria para

que el Ministerio de Transporte les habilite el funcionamiento de la actividad de desintegración.

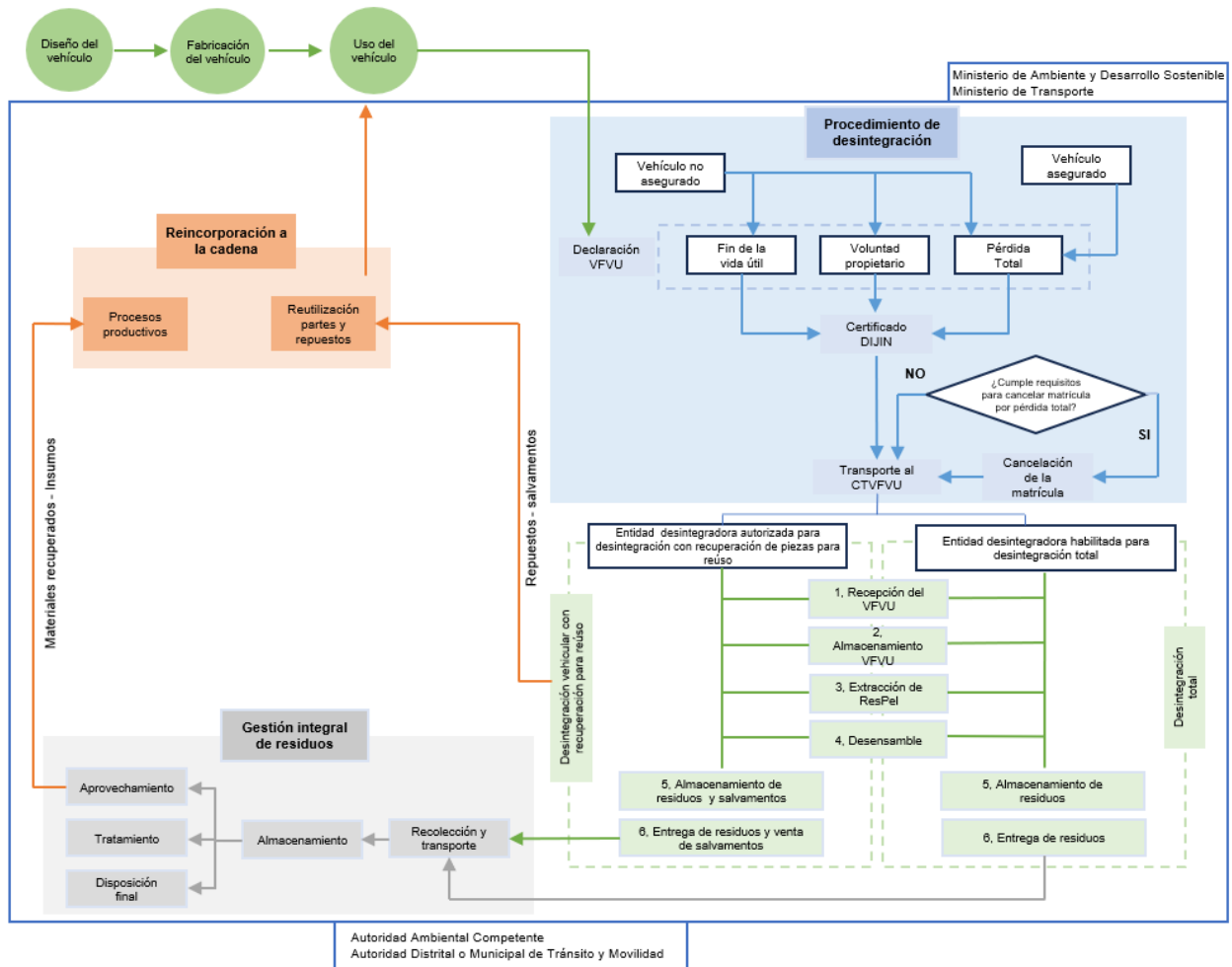
Adicionalmente, esta autoridad ambiental realiza visitas periódicas a las instalaciones de las entidades desintegradoras y de los gestores de residuos para verificar que los equipos y procedimientos asociados a la actividad en particular cumplen los lineamientos dados por las normas, que los recursos y restos están siendo bien aprovechados y dispuestos y, por último, revisar los registros de las actividades.

- **Ministerio de Transporte:** Diseña, estructura e implementa los programas de desintegración de vehículos junto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Habilita el funcionamiento de las entidades desintegradoras de vehículos previa revisión de cumplimiento de requisitos.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** Adicional al apoyo que brinda al Ministerio de Transporte, determina las condiciones y requisitos ambientales a través de los cuales las entidades desintegradoras deben desarrollar su actividad.

A pesar de que se hizo la solicitud en varias oportunidades a diferentes entidades habilitadas para una visita, esto no fue posible, razón por la cual la descripción del proceso de desintegración se hizo documental. En la **Figura 6**, se aprecia el ciclo de vida de los vehículos y el proceso de desintegración en Colombia.

Figura 6.

Ciclo de vida de vehículos y su desintegración en Colombia



Nota. Adaptada de dos figuras de la guía ambiental para el tratamiento de vehículos al final de su vida útil o desintegración vehicular.

5. Estado del arte

El crecimiento demográfico de Colombia en las últimas décadas y la llegada de nuevos habitantes a las ciudades principales ha hecho que, a un ritmo acelerado crezca el parque automotor y las emisiones que generan estos vehículos.

Particularmente para el Valle de Aburrá, el 95,4% de la población vive en suelo urbano (Cámara de Comercio de Medellín, 2019) y para el departamento de Antioquia, el 58,5% de la población está localizada en el 1,8% del área (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2021).

Con corte a enero de 2022, el parque automotor de Colombia registrado en el RUNT estaba compuesto por un poco más de 17 millones vehículos: el mayor porcentaje en motos, 60%, seguido de vehículos (automóviles, camionetas, camiones, buses, busetas, entre otros) 39% y un 1% correspondiente a maquinaria, remolques y semirremolques (Registro Único Nacional de Tránsito, 2022).

Al hacer un zoom en los registros de vehículos matriculados en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, para el 8 de octubre de 2018 se contaba con una flota vehicular de 721.183 vehículos (automóvil, bus, buseta, campero, camioneta, camión, microbús, tractocamión y volqueta) de los cuales 42.800 son vehículos que transportan carga (camión, tractocamión y volqueta); y de 884.608 motos (ciclomotor, cuadriciclo, cuatrimoto, motocarro, motocicleta y moto triciclo) (Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Tanto fuentes de información personales como gubernamentales han coincidido en que la contaminación que hay en las ciudades tiene una afectación directa en la salud y en el medio ambiente, siendo una de las causas principales el resultado de los procesos de combustión de los vehículos de carga (Universidad Pontificia Bolivariana & Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019). A continuación, se presentan comentarios generales de dichas fuentes.

El Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES, en su documento 3943 propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización del parque automotor, la reducción del contenido de

azufre en los combustibles, la implementación de mejores técnicas y prácticas en la industria, la optimización de la gestión de la información, el desarrollo de la investigación, el ordenamiento del territorio y la gestión del riesgo por contaminación del aire. Por este motivo los vehículos eléctricos se presentan como una alternativa tecnológica para el mejoramiento de la calidad del aire y se establecen lineamientos para implementarlos como política pública (D. Ocampo, 2019) (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

Sin embargo, para que el parque automotor eléctrico crezca en Colombia, tal como se ha hecho en otros países del mundo, se requieren medidas para la promoción de la adquisición de estos. Lo primero es concientizar a la sociedad de cómo las emisiones de los vehículos causan afectaciones a la salud humana, el costo de ellas y cómo implementar soluciones efectivas (V. Ocampo, 2017).

Aunque la ley 1964 de 2019 promueve el uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, y define para ellos descuentos en la revisión técnico-mecánica y en el Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito - SOAT, y sobre el registro vehicular, los incentivos económicos son aún insignificantes. Desde el gobierno es necesario apoyar mediante créditos y estímulos fiscales para los usuarios, a las industrias para el desarrollo y producción de vehículos locales, y en paralelo, el desarrollo de la infraestructura de carga necesaria (García, 2015).

En 2018, el Banco de Comercio Exterior de Colombia - Bancoldex, mediante la Circular No. 022 informó de la creación de una Línea de apoyo a la Movilidad Eléctrica para la cual destinó \$70.000.000.000. Esta, tenía como objetivo brindar herramientas que apoyaran el desarrollo económico del país y que se promoviera la movilidad eléctrica como alternativa de crecimiento para el sector empresarial. Los beneficiarios serían aquellas personas naturales o jurídicas que realizaran cualquiera de las siguientes actividades: programas de financiación, importación y comercialización de vehículos eléctricos; desarrolladores y operadores de infraestructura para movilidad eléctrica incluyendo estaciones, puntos de recarga, mantenimiento, partes y repuestos para equipos (Bancoldex, 2018).

Sin embargo, no todas las personas pueden acceder a este tipo de créditos, dados sus ingresos limitados y capacidad de endeudamiento; por lo tanto, el gobierno de Colombia

debería ser más enfático en reducir la huella de carbono de los vehículos contaminantes y promover la adquisición de vehículos eléctricos.

Un ejemplo con un resultado positivo de la realización de este proceso fue ejecutado en Israel, con la aplicación de un impuesto verde que gravó el carbono emitido por los vehículos tanto nuevos como antiguos. La implementación de este impuesto logró que el porcentaje de carros altamente emisores disminuyera en 23,5% entre 2009 y 2014, y el porcentaje de carros con bajas emisiones aumentará de 1,8% a 47,2% en el mismo periodo (OECD, 2016)(Gamboa, 2017).

Otra forma de promover el uso de los vehículos de carga eléctricos es incentivar la realización de un proyecto piloto con empresas del sector que deseen efectuar la inversión para conocer más la tecnología, verificar que a mediano y largo plazo hay una recuperación de la inversión y verificar otros beneficios asociados como bienestar en sus conductores y menos ruido con el uso del vehículo (A. Moncada comunicación personal, 20 de octubre de 2023).

Tal fue el caso del proyecto piloto '*Freight Electric Vehicles in Urban Europe*' apoyado por la Unión Europea, donde al final se demuestra con alrededor de 80 vehículos eléctricos de carga urbana que ellos son una alternativa viable a la convencional con diésel, cuando se combina con aplicaciones logísticas y de gestión de software (*FREVUE | Freight Electric Vehicles in Urban Europe*, 2020). Al finalizar la prueba piloto se concluyó que los principales desafíos enfrentados por los operadores en la implementación de los vehículos de carga eléctricos fueron: altos costos de adquisición, una gama limitada de modelos de vehículos, poco o ningún apoyo postventa y largo tiempo de espera para piezas de repuesto, rango de kilometraje limitado, baja velocidad del vehículo y carga útil limitada (Quak et al., 2016) (Madera, 2020).

En Irlanda se desarrolló otro estudio durante tres años para comparar el costo de propiedad de tener un vehículo eléctrico - VE liviano versus a tener un vehículo de combustión interna - VCI (Weldon et al., 2018). Se consideraron los incentivos financieros que ofrece el gobierno, costo de compra del vehículo, costo de reemplazar la batería, costo de recargar, impuesto anual del vehículo, mantenimiento y reparación. El horizonte de evaluación fue de 10 años y se empleó un modelo de costos lineal que considera el valor del dinero en el tiempo. Los resultados del estudio en términos generales muestran que cuando hay

incentivos y cuando el uso de los vehículos es alto, los VE livianos son más rentables que los VCI, encontrándose los mayores beneficios en términos de costos bajo diferentes escenarios, principalmente en los conceptos de recarga energética (gasolina vs. electricidad), y a la diferencia en los costos de mantenimiento y reparación (Madera, 2020).

En Colombia, la utilización de camiones eléctricos viene en aumento a través de la alianza de las empresas Renting Colombia, Auteco Mobility y Celsia. Ahora bien, Renting Colombia ofrece el servicio de arrendamiento de camiones livianos a empresas que utilizan estos vehículos para sus actividades; Auteco Mobility es el responsable de la importación y mantenimiento de los vehículos y Celsia instala la infraestructura eléctrica, provee los cargadores para alimentar los vehículos y comercializa la energía (A. Moncada comunicación personal, 20 de octubre de 2023).

Finalmente, para Colombia, se encontró un modelo de evaluación financiera que evalúa cuatro escenarios para el cambio de VCI a VE en transporte de carga. Se concluye en este trabajo, que se requiere que los vehículos sean cargados en el menor tiempo posible (infraestructura de carga rápida) para utilizar este tiempo en sus actividades y así rentabilizar la operación, que los recorridos no sean muy largos porque si no se tendría que aumentar la capacidad de la batería y por ende el peso del vehículo también lo haría; si bien el precio de compra del vehículo resulta ser más costoso, se indica que con el paso de tiempo y masificación de la tecnología estos precios tienden a estabilizarse además de que el costo energético combustible vs. energía representa un ahorro importante (Madera, 2020).

5.1 Referentes internacionales e incentivos económicos para desintegración y cambio a vehículos eléctricos

Es importante examinar que están haciendo otros países en términos de desintegración de vehículos e incentivos económicos para cambiarlos a vehículos eléctricos. Así podremos evaluar los planes y acciones en torno a estas actividades para evaluar que es posible replicar en Colombia.

Retomando lo mencionado en la introducción, la venta de vehículos nuevos es un indicador económico de los países, pues hay una correlación entre las variaciones de la cantidad de registros y el PIB en el siguiente trimestre, además de la capacidad económica real de los consumidores. La variable externa de subvención resta fiabilidad al indicador, pues las ventas son superiores a la situación real del mercado.

Los esquemas de chatarrización y los subsidios para nuevos vehículos fueron implementados como una respuesta de varios países industrializados ante la recesión de los años 2007-2009, dado que la venta de vehículos tuvo una caída importante y se necesitaba estabilizar este sector económico y su crecimiento.

En la **Tabla 6**, se presenta un análisis de seis países pertenecientes a la OECD que implementaron estos esquemas con las siguientes características:

Tabla 6.

Características esquemas de incentivos seis países OCDE

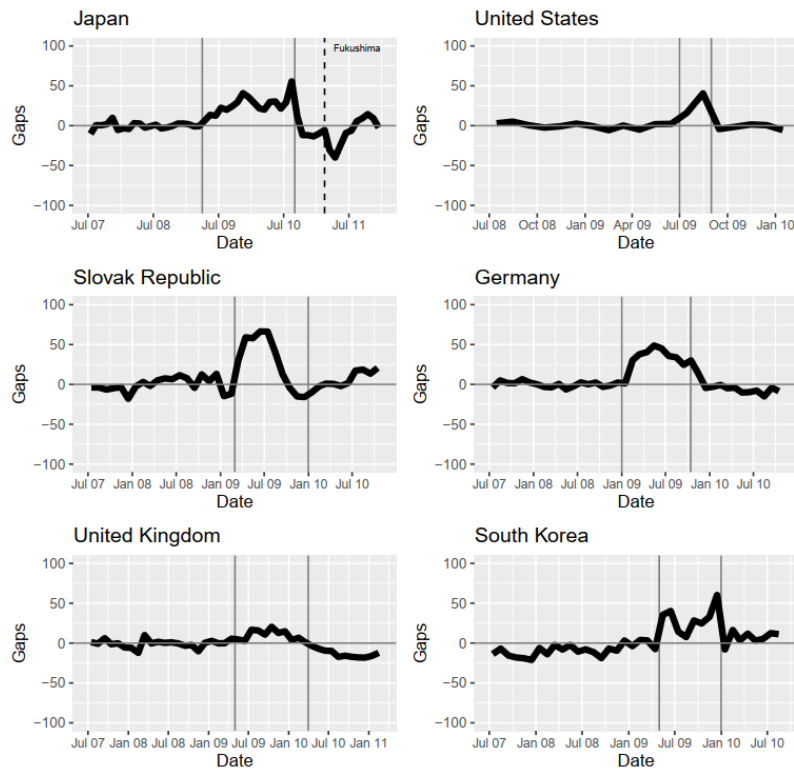
País	Programa	Fecha inicio - fin	Elegibilidad	Valor Subsidio USD	Valor incentivo USD
Japón	Eco-Car	Abril 2009 a septiembre 2010	15% más eficiente en combustible 75% menos emisiones que estándares de 2005	1.031-2.577	3,8 billones
Corea del Sur		Mayo a diciembre 2009		2.000	
Alemania		Enero a octubre 2009	Vehículo de más de 9 años y cumplir Euro IV en emisiones	2.500 euros	5 billones euros
Estados Unidos	"Car Allowance Rebate System" (CARS)	Julio a agosto 2009	Diferencia en economía de combustible	3.500-4.500 USD	3 billones USD
República Eslovaca		Marzo 9-25, 2009 Abril 6-14, 2009	Vehículo de más de 10 años y el nuevo de menos de 25.000 euros	1.500 euros 1.000 euros	
Reino Unido		Mayo 2009 a marzo 2010		1.000 libras	

Nota. Elaboración propia con información del artículo *Reassessing car scrappage schemes in selected OECD countries: A synthetic control method application.*

Se puede observar en la **Figura 7** que, en la época de los subsidios, los registros de vehículos aumentaron. Algunos países después de este periodo continuaron con una leve tendencia al alta o baja y en el caso de Japón, se puede observar una caída abrupta luego del accidente de Hiroshima.

Figura 7.

Relación entre subsidios y registro de vehículos



Nota. Figura recuperada del artículo *Reassuring car scrappage schemes in selected OECD countries: A synthetic control method application.*

Los subsidios estimulan la economía en general porque liberan liquidez de los ahorros de los comparadores de vehículos para el consumo de otros bienes.

Un factor importante para la desintegración de vehículos en la Unión Europea ha sido las políticas que limitan las emisiones de CO₂ en los vehículos, por lo tanto, los fabricantes de los nuevos deben apuntar hacia tecnologías neutras. En forma paralela los precios de los

combustibles y la eficiencia de los vehículos son una gran influencia para la desintegración, pues vehículos más antiguos para su operación requieren más combustible y por ende el costo es mayor (Marin & Zoboli, 2020).

A continuación, se presenta un panorama de los principales incentivos de algunos países. La información relacionada es resultado de la búsqueda en diferentes fuentes y especialmente del informe preparado por Giro Zero: Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo (Hernández et al., 2023).

5.1.1 Argentina

El arancel para la importación de vehículos a este país se encontraba antes de 2017 en un 35%. Mediante el decreto 331 de este mismo año, el gobierno estableció una disminución de aranceles para la importación de vehículos eléctricos del 2% y para hidrógeno 0%. Si bien la política contemplaba 6000 unidades y un plazo de 36 meses, debido a la acogida de los beneficios, estos se han extendido hasta mediados de 2023.

En cuanto a vehículos de carga, los beneficios aplican a aquellos que cuyo peso en vacío (sin contar el peso de las baterías para los eléctricos) sea menor o igual a 550kg (Hernández et al., 2023, p. 15).

5.1.2 Australia

En 2020 a nivel federal y con una duración inicial de 4 años, se creó el fondo para los combustibles del futuro con un monto de 72 millones de dólares australianos, que pretendía eliminar las barreras para la entrada de vehículos de nuevas tecnologías de cero y bajas emisiones. El fondo inició actividades financiando estaciones de carga. A partir de 2021 el fondo se expandió a 250 millones de dólares australianos y se asoció con el sector privado no solo para impulsar automóviles sino también a camiones, estaciones de carga y tecnología de hidrógeno cuando las distancias son muy largas.

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

La segunda etapa pretende abarcar hasta 500 millones de dólares australianos para trabajar con el sector privado en iniciativas de movilidad de bajas emisiones; estas empresas deben estar formalizadas y pagar impuestos, proponer una estrategia de financiamiento con coinversión, que el proyecto cumpla los requisitos técnicos y demostrar la capacidad para ejecutarlo.

Habrán cinco iniciativas para el desarrollo:

- Infraestructura de carga eléctrica o de hidrógeno
- Flotas comerciales que inviertan en estas tecnologías en aras de mejorar la productividad
- Educación en nuevas tecnologías para los conductores y gestores de flotas
- Integración de vehículos eléctricos a la red nacional
- Apoyo a la creación de trabajos y oportunidades de exportación

En esta segunda ronda, la ampliación incluyó vehículos de carga y su infraestructura de recarga. Se pueden utilizar estos fondos para pagar parte del activo donde haya una diferencia económica y los vehículos funcionen máximo 18 meses después de recibir los fondos (hasta 1 millón de AUD).

Los principios del programa son:

- La estrategia busca promover alternativas de ascenso tecnológico y crear un ambiente regulatorio sin forzar a las empresas con los impuestos
- Trabajar con la industria para promover la inversión privada y acelerar la investigación y desarrollo
- Mantener los precios de la energía lo más bajo posible con el fin de que los vehículos de cero y bajas emisiones sean atractivos para los usuarios

Desde un punto de vista estatal, los gobiernos locales han creado fondos para acelerar el cambio a vehículos de cero emisiones, a continuación, un listado de los más importantes:

- **Estado de Nueva Gales del Sur:** destinaron 105 millones de AUD para propietarios con flotas de más de 10 vehículos o empresas de leasing. La participación del programa se da mediante un concurso en el cual se hace una subasta inversa, se compara el tipo de vehículo adquirir, ya sea eléctrico e hidrógeno versus un vehículo convencional y se calculan las emisiones que dejarían de producir; adicionalmente se soporta esta información con otras como la distancia anual recorrida y los planes de recarga con fuentes renovables. Con esta información se hace la solicitud del monto que se requiere por vehículo y el precio por tonelada de carbono equivalente se determina automáticamente, se compara con otros solicitantes y se crea un listado para priorizar los subsidios.
- **Estado de Victoria:** con el objetivo de llegar a carbono cero en 2050, este estado destinó 100 millones de AUD y creó una hoja de ruta para estos vehículos incluyendo de carga, apoyando iniciativas de modernización de vehículos y construcción de estaciones de carga. El subsidio contempla apoyar la compra de 20.000 vehículos con un valor fijo de 3000 AUD para personas que residen en el estado por una única vez y para un solo vehículo y hasta para dos si el propietario es una empresa formalizada. El precio del vehículo debe ser inferior de 68.740 USD.
- **Estado de Queensland:** si bien hay una estrategia de vehículos de cero emisiones entre los años 2022 y 2032 aún no hay beneficios tangibles para el transporte de carga y se focaliza en los descuentos en matrícula registro y compra de automóviles.
- **Estado de Tasmania:** desde 2015 este estado crea un programa llamado SmartFleets, con el fin de reducir las emisiones de GEI y el combustible de los vehículos de carga. Este programa apoya las empresas revisando sus políticas de adquisición de camiones gestionando adecuadamente sus flotas implementando sistemas de entrenamiento.
- **Estado de Australia Occidental:** este estado tiene un esquema de descuentos para la adquisición de vehículos de cero emisiones incluyendo camiones de menos de 4.5 Ton en el cual se les da un incentivo de hasta 3500 AUD, ya sea eléctrico o

de hidrógeno; el valor máximo del vehículo debe ser 70.000 AUD. (Hernández et al., 2023, pp. 16-21)

5.1.3 Brasil

Con la resolución 27 de 2016 hay una reducción del 35% a 0% para el impuesto de importación de vehículos eléctricos de carga, ya sean ensamblados, semi ensamblados o totalmente ensamblados con autonomía mínima de 80km (Hernández et al., 2023).

5.1.4 Canadá

En el año 2018 y con una inversión de 3,4 millones de dólares canadienses este país lanzó un programa enfocado en empresas con camiones de carga para que tomarán decisiones de inversión respecto a sus emisiones y costo de combustibles. Para vehículos pesados y medianos el programa apoyo con 50% de los costos a través de dos modelos de financiación:

- Apoyo del 50% hasta 10.000 dólares canadienses para que a través de un tercero se realice una evaluación energética y se revise el rendimiento de la flota
- Apoyo del 50% hasta 100.000 dólares canadienses para proyectos de implementación en tecnologías de reducción de consumo de combustible, esto incluye implementación para la mejora de la eficiencia del combustible, prácticas operativas y adquisición de vehículos con otros combustibles.

Este programa permitió la auditoria de más de 6000 vehículos pesados y medianos y más de 2700 iniciativas de modernización. Adicionalmente, este programa brinda incentivos a aquellas empresas que arrienden o compren un vehículo mediano o pesado de cero emisiones y cuyo peso bruto vehicular sea superior a 8500 libras. En la **Tabla 7** es posible observar algunos de los incentivos para estos vehículos.

Tabla 7.

Incentivos en Canadá para vehículos pesados menores a 12 toneladas

Tipo de vehículo	Peso (libras)	Incentivo
Clase 2B	8.501 - 10.000	10.000
Clase 3	10.001 - 14.000	40.000
Clase 4	14.001 - 16.000	75.000
Clase 5	16.001 – 19.500	75.000
Clase 6	19.501 - 26.000	100.000
Clase 7	26.001 – 33.000	100.000

Nota. Tabla adaptada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

Las empresas elegibles del incentivo deben tener los vehículos registrados a su nombre y junto con los gobiernos provinciales, territoriales y municipales que manejen flotas pueden beneficiarse de hasta 10 incentivos o 1.000.000 por año calendario. El incentivo se hace efectivo en el momento de la compra o de la suscripción del contrato de arriendo y los concesionarios aplicarán antes impuestos y cargos.

En cuanto a infraestructura de carga (**Tabla 8**), este gobierno ha destinado CAD 680 millones hasta el año 2027; su intención es eliminar esta barrera y aumentar la disponibilidad para que haya más vehículos de cero emisiones. Con este rubro se pretende robustecer las estaciones de carga eléctrica y de hidrógeno (Hernández et al., 2023).

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Tabla 8.

Incentivos Infraestructura de carga

Tipo de infraestructura y potencia	Financiación Máxima	Financiamiento máximo para empresas y comunidades indígenas
Estación de carga nivel 2 (208/240V) 3.3kW a 19.2 kW	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$5.000 por conector Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$7.500 por conector	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$5.000 por conector Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$7.500 por conector
Estación de carga rápida 50kW a 99kW	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$15.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$22.500 por estación	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$15.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$22.500 por estación
Estación de carga rápida 20kW a 49kW	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$50.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$75.000 por estación	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$50.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$75.000 por estación
Estación de carga rápida 100kW a 199kW	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$75.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$112.500 por estación	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$75.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$112.500 por estación
Estación de carga rápida > 200kW	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$100.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$150.000 por estación	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$100.000 por estación Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$150.000 por estación
Estación de hidrógeno	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$1.000.000 por sitio Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$1.500.000 por sitio	Hasta el 50% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$1.000.000 por sitio Hasta el 75% de los costos totales del proyecto y un máximo de \$1.500.000 por sitio

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

5.1.5 Chile

La Estrategia Nacional de Electromovilidad promulgada en 2021 espera que a 2035 el 100% de los vehículos livianos sean cero emisiones y que los vehículos pesados adquiridos a partir de 2045 sean eléctricos. Para lograr estos objetivos hay algunas iniciativas como lo son: la construcción de infraestructura de carga, parqueaderos preferenciales, zonas exclusivas de circulación, disminución en aranceles para vehículos cero emisiones, políticas de desincentivos para vehículos contaminantes.

Por otro lado, la ley 21505 de 2022 que promueve el almacenamiento eléctrico y la electromovilidad, exime de forma transitoria el pago al impuesto anual de circulación para los vehículos eléctricos y aquellos que el Ministerio de Energía considere como cero emisiones. A partir de febrero de 2023 y por dos años, el impuesto será cero, durante el tercer y cuarto año después de la entrada en vigor de la ley se pagará un 25%, durante el quinto y sexto año un 50% y durante el séptimo y octavo año un 75% (Hernández et al., 2023).

Según la plataforma de movilidad del Ministerio de Energía de Chile, desde 2019 existen subsidios solamente para la renovación de taxis colectivos a la tecnología eléctrica. Los vehículos que pueden ser beneficiarios deben tener una antigüedad mayor a cuatro años y las bases para la participación se publican en el sitio de El Gobierno Regional Metropolitano GORE RM (Ministerio de Energía de Chile, s. f.).

En cuanto a camiones, como un Programa Nacional voluntario y administrado por la Agencia de Sostenibilidad Energética (Agencia SE), nace Giro Limpio. Este programa, busca certificar y reconocer los esfuerzos realizados por aquellas empresas de transporte de carga que hacen un aporte para mejorar la eficiencia energética del sector de carga, reducir los costos del transporte de carga y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se parte de identificar los vehículos, hacer un inventario: información del vehículo, consumos de combustible, kilómetros recorridos y toneladas movilizadas. Con esta información y durante un año, se hará seguimiento a la evolución de la gestión energética; al final de este se recibirá la primera certificación. Durante el segundo año, se

contará con apoyo técnico para mejorar más esa gestión energética y que pueda ser de nuevo certificado (Agencia de Sostenibilidad Energética, s. f.).

En resumen, el programa busca acompañar a los transportistas para que mejoren la eficiencia de sus operaciones desarrollando una mayor conciencia en cuanto a eficiencia energética, del cuidado del medio ambiente y de la salud de las personas. Claramente estos objetivos, pueden ser alcanzados cuando se incorporan vehículos eléctricos.

5.1.6 China

El Consejo de Estado de China ha anunciado varias directrices sobre la aceleración de la promoción de los vehículos eléctricos y la infraestructura de tarificación relacionada en la última década. Así mismo, la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (NDRC), el Ministerio de Finanzas (MOF), el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información (MIIT), el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MST) y otras autoridades competentes han adoptado medidas para introducir políticas, como pruebas piloto, proyectos de investigación y desarrollo (I+D), el fomento de la industrialización, subvenciones, reducciones y exenciones fiscales, que facilitan el acceso a los vehículos eléctricos y la construcción de infraestructura eléctrica para su funcionamiento (Wang et al., 2019).

En el "12º Plan Quinquenal para el Desarrollo del Vehículo Eléctrico", publicado en 2012, China propuso oficialmente implementar la estrategia de tres pasos para la industrialización de los vehículos eléctricos y dividió el proceso en tres fases:

Fase I: 2009-2012: inicio de proyecto piloto en 25 ciudades. La mayoría de ellos se hizo con vehículos híbridos y los subsidios financieros fueron principalmente enfocados en el sector de transporte público y con valores más bajos que lo que el mercado esperaba a pesar de las actividades de promoción. La política estuvo enfocada en estimular inversiones, ayudar al crecimiento industrial e iniciar los pilotos rápidamente.

Fase II: 2013-2015: expansión a 88 ciudades con aumento importante en los subsidios financieros. Estos subsidios fueron brindados tanto al sector público como privado. Dado

el precio comparable de los vehículos particulares éstos empiezan a ser cambiados a vehículos eléctricos (Helveston et al., 2015; Wang et al., 2017c; Yuan et al., 2015), sin embargo, aparecen problemas como mala selección para los incentivos, por lo tanto, se empiezan a introducir limitantes para la entrega de los subsidios financieros de tal manera que se promueva la innovación tecnológica y la industria automotriz de los vehículos eléctricos al mismo tiempo. Se observan que la infraestructura requerida para los vehículos eléctricos ha sido mejorada en estas ciudades.

Fase III: 2016-2020: el plan se expande a la nación completa. En esta fase de toda la cadena de fabricación industrial de vehículos eléctricos fue establecida y actualizada a nivel nacional. Al mismo tiempo los subsidios financieros del gobierno central empezaron a decaer gradualmente mientras hubo un aumento en las barreras técnicas para la industria de vehículos eléctricos. Altos subsidios fueron mantenidos durante el 2016 pero debido a la exposición fraudulenta de los incidentes en 2015 algunos ajustes fueron necesarios. Por lo tanto, en 2017 estos subsidios fueron reducidos. Los subsidios de los vehículos comerciales fueron significativamente reducidos en 2017 a 60% y los vehículos de pasajeros reducidos son 20%.

En cuanto a camiones eléctricos, en la **Tabla 9** se muestra un resumen de dichos subsidios.

Tabla 9.

Subsidios para camiones eléctricos en China

Año / PBV	≤ 3,500 kg	Entre 3,500 kg y 12,000 kg	>12,000 kg
2019	CNY 20.000	CNY 55.000	CNY 55.000
2020	CNY 18.000	CNY 35.000	CNY 50.000

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

Desde el punto de vista de infraestructura de carga (**Tabla 10**), varias ciudades brindan incentivos para su construcción tal como se observa

Tabla 10.

Incentivos infraestructura de carga China

Ciudad	Subsidio
Beijíng, Guiyang	Otorga un subsidio que no puede superar el 30% del valor de la inversión en estaciones de carga públicas
Tangshan, Shenyang	Otorga un subsidio que no puede superar el 20% del valor de la inversión en estaciones de carga públicas
Guang'an	Subsidia CNY 300 por pilas de carga puestas en uso.
Huizhou	Subsidia CNY 200 por kW para estaciones de carga rápida y CNY 40 por kW para estaciones de carga lenta.
Shenzhen	Subsidia CNY 600 por kW de potencia para estaciones de carga rápida y CNY 300 por kW para estaciones de carga lenta.
Nanjing	Subsidia CNY 900 por kW para estaciones de carga rápida y CNY 600 por kW para estaciones de carga lenta.
Wuhan	Subsidia CNY 600 por kW para estaciones de carga rápida y CNY 400 por kW para estaciones de carga lenta

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

Al iniciar el año 2022 la revista francesa Conocimientos de Energía, reportó que China eliminará las subvenciones a vehículos eléctricos y híbridos al finalizar este año. Antes de finalizar el año 2021, el ministro de Finanzas anunció que estas subvenciones de compra serían reducidas al 30% desde el inicio del año antes de desaparecer completamente al finalizar el año 2022. Las ventas de vehículos amigables con el medio ambiente tuvieron alzas de más del 100% y deberán representar el 18% del total de las ventas de 2022 asegurado la asociación China de fabricantes de automóviles (CAAM) en comparación con un 5% en el año 2019 (Connaissances des énergies, 2022).

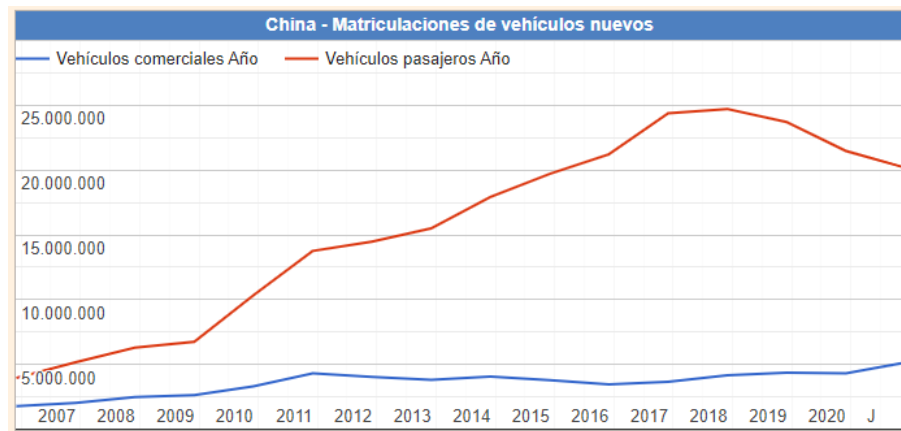
Sin embargo, El Ministerio de Finanzas, la Administración Estatal de Impuestos y el Ministerio de Industria y Tecnología (MIIT) de este país, anunció la extensión de los subsidios hasta finales de 2023 para vehículos comprados este año y con modelos

específicamente calificados (Portal Movilidad, 2022). Hasta este mismo año, los vehículos eléctricos estarán eximidos del pago del impuesto a las compras equivalente a 10%.

En la **Figura 8** es posible apreciar el crecimiento de este parque automotor.

Figura 8.

Matriculas vehículos nuevos en China



Nota. Figura recuperada de Datos macro ⁷

5.1.7 Costa Rica

Este país también cuenta con incentivos para la promoción de vehículos eléctricos, a través de las leyes 9518 de 2018 y 10209 del 2022. Se espera que haya en circulación unos 37.000 vehículos eléctricos independientemente de su tamaño y aquellos usados de no más de cinco años de antigüedad. En decreto ejecutivo 41642 de 2019 establece la construcción de 47 estaciones de carga con el fin de robustecer la red de carga nacional.

Los incentivos para estos vehículos contemplan un IVA del 1%, que irá aumentando porcentualmente hasta alcanzar el valor de los demás bienes.

⁷ <https://datosmacro.expansion.com/negocios/matriculaciones-vehiculos/china>

Las exenciones se aplicarán en cuatro etapas con duración de tres años cada una: En la primera estarán exentos del impuesto selectivo de consumo y sobre el valor aduanero. En la segunda tarifa exenta del 75%. En la tercera tarifa exenta del 50%. En la cuarta tarifa exenta del 25%. De esta forma se llegará en el año 12 a igualar las tarifas vigentes.

Estos vehículos estarán exentos del impuesto a la propiedad, pasando de 20% a 0%.

Las empresas que fabriquen y ensamblan vehículos eléctricos en Costa Rica estarán exentos de IVA, siempre y cuando el valor agregado nacional sea mínimo del 20%

Por último, se exonera del IVA a los repuestos y elementos requeridos para la infraestructura de carga.

Habrán también incentivos como la eliminación de la restricción de circulación (Hernández et al., 2023).

5.1.8 España

El programa de incentivos a la movilidad eficiente y sostenible (MOVES) está dirigido a incentivar la compra de vehículos de tecnologías limpias e instalar infraestructura para recarga de vehículos eléctricos en este país, específicamente a las comunidades autónomas y en las ciudades de Ceuta y Melilla. Los reales decretos 72 y 132 del año 2019, otorgan la concesión a este programa y regulan sus bases, que tienen como objetivo la reducción del consumo de combustibles fósiles en el segmento de transporte. 45 millones de euros fueron destinados a este programa por parte del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía – IDAE, que se introduce en la directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y el Consejo de Europa el 22/10/2014 donde se establece que los países miembros deben desarrollar un marco de Acción Nacional para implantar alternativas en transporte dentro de la agenda europea para una movilidad más limpia, segura y conectada.

Las ayudas deberán distribuirse así: entre un 20% y un 50% será para la adquisición de vehículos alternativos. Entre un 30% y un 60% para la implantación de infraestructuras de recarga (de este último porcentaje, como mínimo el 50% debe destinarse a puntos de

recarga rápida o ultrarrápida). La ayuda para adquisición de camiones y autobuses oscila en €15,000.

Adicionalmente a este plan, se habilitó una línea de 15 millones de euros destinada al apoyo de proyectos singulares de movilidad sostenible. Aquellos que se desarrollan en Ciudades Patrimonio de la humanidad, municipios con alto índice de contaminación o ubicados en islas y proyectos de innovación en electromovilidad (IDAE, 2019).

El 16 de junio de 2020 fue aprobado mediante el Real decreto 569/2020 el plan MOVES II. Este, tiene un presupuesto de 100 millones de euros y puede ser ampliado si existiese disponibilidad para la misma finalidad y si no ha expirado el plazo de la vigencia. Este plan es incompatible con otras ayudas que pudiera concederse para la misma finalidad. De igual manera que el plan MOVES I, la cuantía de ayuda para compra de camiones y autobuses eléctricos ronda los €15,000; En cuanto a los puntos de recarga para estos vehículos las ayudas estarán dentro un 31 40% del costo y con un límite de €100,000 (IDAE, 2020).

Finalmente, mediante el Real decreto 266/2021 se aprueba el programa MOVES III, en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia europeo, con un presupuesto de 400 millones de euros, que igual que su versión anterior puede ser ampliado si existe disponibilidad presupuestaria y previamente a la expiración del plazo de vigencia. Este presupuesto busca incentivar la movilidad eléctrica y el despliegue de infraestructura de recarga para vehículos con excepción de los camiones y autobuses; también es incompatible con otras ayudas que puedan brindarse para el mismo objetivo (IDAE, 2021).

El Boletín oficial del Estado - BOE número 312 del miércoles 29 de diciembre de 2021, indica que se destina para el año 2022, un plan de incentivos a la instalación de puntos de recarga, la adquisición de vehículos eléctricos y de pila de combustible y a la innovación en electromovilidad recarga de hidrógeno verde por la suma de 445 millones de euros.

En la página web del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía – IDAE, se indica cuáles son los vehículos elegibles para los programas MOVES I, II y III (IDAE - Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía, s. f.). Es posible filtrar por:

- Tipo de motorización: Autonomía extendida, eléctricos puros, híbridos enchufables y pila de combustible
- Marca, segmento y modelo del vehículo.
- Categoría: esta categoría de homologación clasifica los vehículos según su motor y el transporte de personas o mercancías.

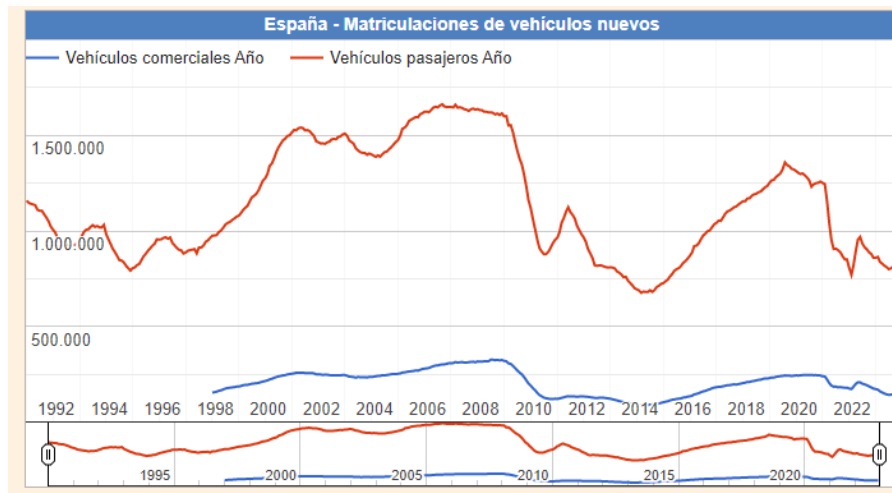
Por lo tanto, en esta página web se puede hacer una búsqueda en los programas MOVES I y II de los vehículos categoría N1 y N2, objeto de este estudio y con una MTMA (Masa Técnica Máxima Admisible) menor a 10 Toneladas, lo equivalente en Colombia al PBV (Peso Bruto Vehicular).

El 25 de marzo de 2021 se adopta la versión final del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) que define metas concretas entre los años 2021-2030 para mejorar la eficiencia energética de las instalaciones, darles cabida a más proyectos de energías renovables y para reducir los gases de efecto invernadero. Concretamente para este aspecto, se prevé que para el año 2030 España cuente con 5 millones de vehículos eléctricos.

Desde el punto de vista de ventas de vehículos eléctricos en España, el año 2022 tuvo un crecimiento del 10,19% con respecto al año 2021 tal como se muestra en la **Figura 9**. Sin embargo, al hacer una revisión del total de las ventas de vehículos, el año 2022 con respecto al 2021 decreció un 7,25%.

Figura 9.

Matriculas vehículos nuevos en España



Nota. Figura recuperada de Datos macro⁸

5.1.9 Estados Unidos

En cuanto a políticas federales, este país ha desarrollado dos programas por un total de USD 7.5 billones con el fin de robustecer la infraestructura de carga. Cada estado recibirá una parte de este presupuesto para el mejoramiento de este aspecto.

El primer programa es el *National Electric Vehicle Infrastructure Program* con USD 5 billones enfocado en financiar estos proyectos de tal manera que la red esté interconectada y puedan obtener información de ella. El segundo, *Discretionary Grant Program for Charging and Fueling Infrastructure* está enfocado en infraestructura de carga en corredores alternativos.

Otra política contempla USD 1 millón y está orientada a cubrir la diferencia del costo entre un camión eléctrico y uno diésel de características similares, o el 30% del costo comercial

⁸ <https://datosmacro.expansion.com/negocios/matriculaciones-vehiculos/espana>

del vehículo, o lo que sea menor de las dos opciones. El tope es de USD 40.000 por vehículo y podría ofrecerse un incentivo de hasta USD 100.000 dólares por cargador instalado.

En cuanto a políticas estatales, en el estado de California tiene una iniciativa desde el año 2011, *Hybrid and Zero-Emission Truck and Bus Voucher Incentive Project (HVIP)*, que brinda vales en el momento de la compra o arriendo de camiones y buses eléctricos.

El estado de New Jersey por su parte y a través del programa *Zero Emission Incentive Program*, desde 2021 y con un presupuesto de USD 90 millones financia el siguiente esquema de incentivos tal como se aprecia en la **Tabla 11** para vehículos eléctricos medianos incluyendo camiones de carga.

Tabla 11.

Esquema de incentivos New Jersey

Clase del vehículo	Incentivos (USD)
2B	25.000
3	55.000
4	75.000
5	85.000
6	100.000

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

El estado de New York lanzó el programa *Truck Voucher Incentive Program* que pretende aumentar el parque automotor de camiones eléctricos e hidrógeno. El monto del programa para camiones clase 4-7 es de USD 4.8 millones y para camiones clase 8 de USD 3.6 millones. En la **Tabla 12** se pueden apreciar los montos de los incentivos.

Tabla 12.

Esquema de incentivos New York

Clase del vehículo	Incentivos (USD)
4	100.000
5	110.000
6	125.000
7	150.000
8	185.000

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

El estado de Alabama por su lado, desde 2019 avanza con el programa *Zero Emission Vehicle Supply Equipment Infrastructure Plan*, con USD 4.2 millones para financiar la infraestructura de carga para vehículos cero emisiones.

El estado de Utah brinda descuentos en impuestos para quien adquiera un vehículo objeto del estudio. En 2021 el descuento era de USD 15.000 anuales y se irá reduciendo USD 1.500 anuales hasta el 2030.

El estado de Colorado cuenta con un programa similar para vehículos eléctricos (**Tabla 13**), pero con un abanico más amplio de vehículos tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 13.

Esquema de incentivos Colorado

Categoría vehículo	2021-2022	2023-2025
Camión liviano	USD 3.500 por compra o conversión USD 1.750 por arriendo	USD 2.800 por compra USD 1.750 por arriendo
Camión mediano	USD 5.000 por compra o conversión USD 2.500 por arriendo	USD 4.000 por compra USD 2.500 por arriendo
Camión pesado	USD 10.000 por compra o conversión USD 5.000 por arriendo	USD 8.000 por compra USD 5.000 por arriendo

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo



5.1.10 Francia

En el marco del programa “Construir la Francia de mañana”, este gobierno ha destinado 100 millares de euros para realizar actividades que favorezcan la economía y los nuevos empleos. Existe dentro de este programa, una línea de transición ecológica que buscan incentivar la compra de vehículos menos contaminantes y eléctricos mediante ayudas financieras como el bono ecológico, la prima a la conversión y subvenciones locales (Gouvernement de France, 2021).

Al escoger un vehículo más limpio (eléctrico, híbrido enchufable o a hidrógeno) que emita menos de 20 gCO₂/km, es posible beneficiarse del bono ecológico. Al contrario, las personas que compran un vehículo térmico pagan el “malus ecológico”, un impuesto que va de €50 a €20,000 en función de las emisiones CO₂ que produzcan y que permite financiar el bono ecológico (Je roule en électrique, s. f.). En la **Figura 10**, se muestran los montos de este bono actualizados para 2023.

Figura 10.

Bono ecológico en Francia 2023

Monto del bono máximo: 27% del precio con todos los impuestos En el límite de los valores de tablas	PARA LOS PARTICULARES	PARA LAS EMPRESAS
	(PERSONAS FÍSICAS)	(PERSONAS JURÍDICAS)
<p>NUEVO Vehículo</p> <p>100% eléctrico o hidrógeno Tasa ≤ 20g CO₂/km</p> 	<p>PRECIO ≤ 47 000€ INGRESOS/PERSONA <=14 089€</p> <p>7.000 €</p> <p>PRECIO ≤ 47 000€ SIN IMPORTAR INGRESOS</p> <p>5.000 €</p>	<p>PRECIO ≤ 47 000€</p> <p>7.000 €</p>
Por encima de 47 000€ con impuestos no hay bono		
<p>NUEVO</p> <p>Híbrido cargable</p> <p>20g CO₂/km < Tasa ≤ 50g CO₂/km</p> 	<p>PRECIO ≤ 50 000€</p> <p>0 €</p>	<p>PRECIO ≤ 50 000€</p> <p>0 €</p>

Nota. Elaboración y traducción propia con información tomada de Legipermis⁹

⁹ <https://www.legipermis.com/estimation-cote-voiture/bonus-ecologique.html>

Varias condiciones deben ser respetadas para beneficiarse de esta ayuda. El vehículo eléctrico nuevo debe:

- Ser comprado o alquilado durante una duración mínima de 2 años
- Estar matriculado en Francia
- No ser vendido dentro de los 6 meses siguientes a la compra, ni antes de haber realizado 6000 km o menos de 24 meses en el caso de un alquiler

Hasta el 31 de diciembre de 2022, fue posible beneficiarse de hasta 50.000€ por bono ecológico, al comprar o al alquilar (por al menos 2 años), un vehículo pesado (categorías M2, M3, N2 o N3) o pequeños vehículos turísticos (Ministère de la Transition Énergétique, s. f.).


Existe otra ayuda: la prima a la conversión que consiste en adquirir un vehículo nuevo menos contaminante y enviar a la desintegradora el vehículo más antiguo en un plazo no mayor de 6 meses luego de la fecha de facturación del vehículo nuevo. Estas ayudas están orientadas para aquellos vehículos que sean comprados o alquilados por al menos dos años y que sean vehículos particulares, camionetas, utilitarios cuyo peso total no exceda 3.5 toneladas; vehículos eléctricos a motor de 2 o 3 ruedas, cuadriciclos y bicicletas. La prima a la conversión se puede acumular con el bono ecológico y adicionalmente se puede recibir otra prima si se habita o trabaja en zonas de baja movilidad dentro de sus políticas de mejoramiento de calidad del aire (Gouvernement de France, 2023).

El monto de la prima varía en función de los ingresos de las personas, del tipo de vehículo y del recorrido en km diarios. En la **Figura 11** se muestra un resumen:

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Figura 11.

Prima a la conversión en Francia 2023

 Condiciones de ingresos Vehículo a comprar	SUPER PRIMA			(PERSONAS JURÍDICAS empresas)
	INGRESOS/PERSONA ≤ 6 358€ o (INGRESOS/PERSONA ≤ 14 089€ y conductor de gran recorrido)	INGRESOS/PERSONA ≤ 14 089€	INGRESOS/PERSONA ≤ 22 983€	
Precio máx. 60 000€ con todos los impuestos Gasolina CRIT' Air 1 Tasa ≤ 122g CO ₂ /km (WLTP) Alquiler: Tasa ≤ 132g CO ₂ /km (WLTP)	4.000 € <small>limitado al 80% del precio del vehículo</small>	1.500 €	0 €	0 €
Gasolina o Diesel CRIT' Air 2 Precio máx. 47 000€ con todos los impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €
Eléctrico o hidrógeno Tasa ≤ 20g CO ₂ /km	6.000 € <small>limitado al 80% del precio del vehículo</small>	2.500 €	2.500 €	2.500 €
Híbrido recargable	0 €	0 €	0 €	0 €
2 ruedas eléctrico	1.100 €	1.100 €	100 €	100 €
Utilitario eléctrico o hidrógeno Tasa ≤ 50g CO ₂ /km	5000€ Clase 1 Peso ≤ 1305kg 7000€ Clase 2 1305kg < Peso ≤ 1760kg 9000€ Clase 3 Peso > 1760kg	5000€ Clase 1 Peso ≤ 1305kg 7000€ Clase 2 1305kg < Peso ≤ 1760kg 9000€ Clase 3 Peso > 1760kg	5000€ Clase 1 Peso ≤ 1305kg 7000€ Clase 2 1305kg < Peso ≤ 1760kg 9000€ Clase 3 Peso > 1760kg	5000€ Clase 1 Peso ≤ 1305kg 7000€ Clase 2 1305kg < Peso ≤ 1760kg 9000€ Clase 3 Peso > 1760kg
Después del 26 de Julio de 2021, por las camionetas, limitadas al 40% del precio con impuestos no importa cual sea el monto de la compra del vehículo.				
Los ingresos fiscales toman en cuenta el conjunto de ingresos de una familia, sean o no objeto de impuestos		Con ingresos fiscales superiores a 22983€, usted no tiene derecho a la prima a la conversión		
Conductor de gran recorrido: Cuya distancia entre su casa y su lugar de trabajo es superior a 30km o efectúa más de 12.000km por año debido a su actividad profesional con su vehículo personal				

Nota. Elaboración y traducción propia con información tomada de Legipermis¹⁰

Concretamente para vehículos pesados, el Ministerio de Transporte abre una convocatoria con el fin de desplegar la movilidad eléctrica en este segmento de transporte de mercancías y pasajeros por carretera. Esta iniciativa se centra en tres líneas: la adquisición de vehículos, fomentar la infraestructura de carga y ayudas para estudios.

Para la primera línea, los vehículos deben ser de tecnología 100% eléctricos de las categorías M2, M3, N2 y N3 y vehículos urbanos de PBV inferior o igual de 3,5 toneladas. El incentivo cubrirá un porcentaje de ayuda del 65% de la diferencia de los costos de compra de estos vehículos vs. sus homólogos en diésel, con un límite máximo de 100.000 euros por vehículo.

Para la infraestructura eléctrica, el incentivo será válido si el proyecto incluye la compra de los vehículos y cubrirá la adquisición o mejora de la instalación y conexión de la estación de carga, no se incluyen obras civiles y cubre hasta el 60% del costo.

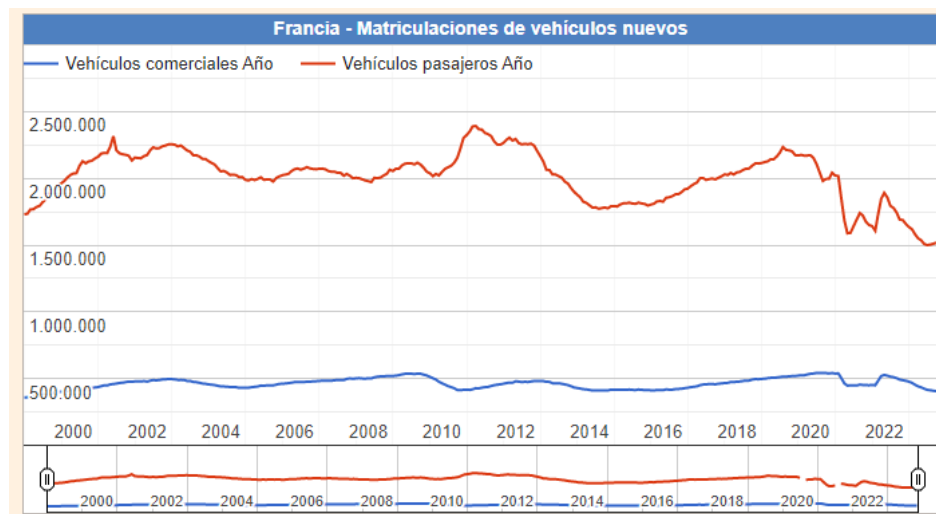
¹⁰ <https://www.legipermis.com/estimation-cote-voiture/prime-a-la-conversion.html>

En cuanto a los estudios necesarios para la implementación de un ecosistema de movilidad eléctrica, estos son financiados hasta un 60% y con un monto máximo de 15.000 euros (Hernández et al., 2023).

Según la plataforma Datosmacro, las matrículas de vehículos nuevos en Francia empezaron a caer en 2019 tal como se observa en la **Figura 12** y se acentuó con la pandemia de COVID 19. Si bien a inicios de 2021 hubo una pequeña recuperación, después de mayo de este mismo año hubo otra caída debido a la crisis de microchips que descendió a niveles no antes vistos en los últimos 22 años y que se complementa con la guerra de Rusia y Ucrania.

Figura 12.

Matrículas vehículos nuevos en Francia



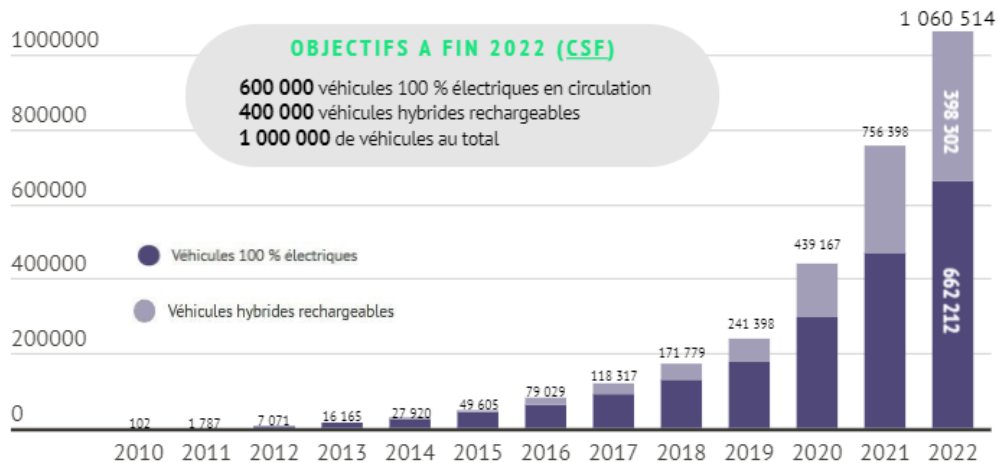
Nota. Figura recuperada de Datos macro¹¹

En contraposición, las matrículas de vehículos eléctricos en la última década han venido en un ascenso vertiginoso tal como lo muestra la **Figura 13**, que los hace partícipes en 2022 del 21,4% mercado automotor.

¹¹ <https://datosmacro.expansion.com/negocios/matriculaciones-vehiculos/francia?anio=2022>

Figura 13.

Matrículas de vehículos eléctricos en Francia



Nota. Figura recuperada de Avere France¹²

5.1.11 Japón

El gobierno japonés ha diseñado estrategias para incentivar la movilidad de bajas emisiones, para el año 2021 fue de unos 290 millones de euros, de los cuales alrededor del 60% serían utilizados en subsidios para vehículos y el valor restante se invertiría en infraestructura eléctrica asociada a estas estaciones de carga y también de hidrógeno.

Japón se ha centrado en la Estrategia Básica de Hidrógeno, pues encuentran a este combustible como aquel que permitirá la descarbonización de la economía mediante las siguientes actividades:

- Investigación y desarrollo para la producción, importación y aplicación con una inversión de 312 millones de yenes entre 2013 y 2018.

¹² <https://www.ave-re-france.org/publication/barometre-plus-d1-vehicule-neuf-sur-5-etait-en-novembre-2022-electrique-ou-hybride-rechargeable/#>

- Investigación y desarrollo en durabilidad y reducción de costos para la generación de celdas de combustible. La inversión en este proyecto fue de 127 millones de yenes entre 2013 y 2018.
- Investigación y desarrollo en estaciones de carga de hidrógeno y subsidios para su construcción con una inversión de 627 millones de yenes (Hernández et al., 2023).

5.1.12 México

Desde el 2020, este país plantea algunos incentivos fiscales para los vehículos de carga eléctricos:

- Se exoneran del impuesto de importación y exportación estos vehículos hasta el año 2024
- Se exoneran del impuesto sobre los automóviles nuevos (ISAN), que corresponde al 5% del valor del vehículo para aquellos de capacidad de carga de hasta 4,250 kg.
- Los vehículos eléctricos están exentos del pago de la verificación, proceso que se hace dos veces al año y es obligatorio en varias ciudades del país (Hernández et al., 2023).

Es importante resaltar que en México hay 34 marcas ofreciendo vehículos de carga en modelos eléctricos y que entre 2021 y 2022 hubo un crecimiento del 494%. Aquí se presenta una oportunidad latente para el aumento de la demanda de vehículos eléctricos, dado que 86% de las mercancías que negocia México con Canadá y Estados Unidos se transportan vía terrestre (Audisio, 2023b).

5.1.13 Perú

Perú no tiene aún una ley que promueva la movilidad eléctrica, durante el mes de junio de 2023 hubo una discusión parlamentaria con respecto a este tema. El gobierno sostiene que dichos incentivos serían “costosos e innecesarios”, eventualmente podrían evaluarse

solamente para buses. Por el contrario, el sector privado indica que son necesarios y podrían ser temporales para ayudar a la adquisición de los vehículos eléctricos (Audisio, 2023a).

5.1.14 Reino Unido

Este país ha sido consciente de la importancia de la infraestructura de carga para que un parque automotor eléctrico pueda desarrollarse, por ello hace más de una década han trabajado en este tipo de estrategias y han destinado recursos con el fin de crear ciudades ejemplos en la reducción de emisiones a través de los vehículos eléctricos. Con el programa *Road to Zero Strategy* y con cerca de 1.5 billones de libras esterlinas entre 2015 y 2022, se apoyó la construcción de infraestructura de carga tal como se describe en la **Tabla 14** a continuación:

Tabla 14.

Incentivos infraestructura de carga UK

Tipo de subsidio	Unidades instaladas	Inversión por unidad
Puntos de carga en hogares	328.657	£ 416
Puntos de carga en empresas	31.239	£ 385
Puntos de carga en zonas públicas (gestionadas por autoridades locales)	2.869	£ 3.544

Nota. Tabla tomada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

A través de otro programa, *Plug-in grants*, se apoya la idea de que las personas puedan acceder más fácilmente a los vehículos eléctricos incluyendo los de carga de la siguiente manera:

- Para los camiones pequeños clasificados como N2 y de referencias FUSO eCanter, Paneltex Z75 y Tevva T7-T133 la ayuda será de máximo 16.000 libras esterlinas.
- Para los camiones grandes clasificados como N3 y de referencias Electra e-Compact, Electra e-Star 27-350, DAF CF Electri tractor Unit, Dennis Eagle E-Collect RCV, Renault Trucks D-Range, Volvo FE 6x2 y Volvo FL4x2 la ayuda será de máximo 25.000 libras esterlinas (Government UK, s. f.).

En cuanto a investigación y desarrollo, este país pretende desarrollar vehículos pesados que funcionen con hidrógeno, para ello han destinado un financiamiento de 54 millones de libras esterlinas. Específicamente el que busca desarrollar sistemas eléctricos para camiones pesados tiene una inversión prevista de 31.9 millones de libras esterlinas (Hernández et al., 2023).

5.2 Casos de éxito

La presentación de casos específicos de flotas de camiones de combustión interna con las características técnicas de los vehículos objeto de estudio, que han sido cambiadas a camiones eléctricos permite destacar lecciones aprendidas y los factores críticos de éxito.

Se resalta que los casos de éxito en empresas privadas son los resultados de políticas claras que obedecen a la disminución de la huella de carbono o el camino hacia las cero emisiones en los procesos productivos y en las cuales el impacto logístico de los vehículos de última milla es importante.

Particularmente, la empresa Bavaria en su informe de sostenibilidad del año 2022 indica que, dentro de sus actividades de acción climática, lograron la disminución de la huella de carbono en la cadena de valor. Una de las actividades que supuso una disminución del 18.42% en el área logística fue la incorporación de 200 camiones eléctricos al cerrar este año. De esta manera se evitaron emisiones de 962 toneladas de CO₂ a la atmosfera en los 1.081.411 km que recorren los camiones en el año.

De esta manera, Bavaria se consolida como la empresa privada con la flota de vehículos eléctricos más grande de Colombia en línea con un plan de movilidad sostenible (Bavaria Colombia, 2023) .

Por otro lado, el grupo Bimbo en su informe anual del año 2022 indica que 5000 vehículos de su flota cuentan con combustibles alternativos, de ellos 2400 son eléctricos. En 2022 se adquirieron 1001 unidades en México, con lo cual la compañía se posiciona como la compañía con la flotilla más grande de América Latina y con la cual se evitarán emisiones de más de 5000 Toneladas de CO2 anuales.

Específicamente en Colombia, Bimbo cuenta con 40 vehículos eléctricos y 617 con gas natural (Grupo Bimbo, 2023).

Tal como se mencionó en la clasificación de vehículos pesados, empresas como Transmilenio de índole pública, utilizan concesiones privadas para realizar modernizaciones de los vehículos a tecnología eléctrica. A través de estas compañías es posible desarrollar proyectos que consolidan iniciativas sostenibles.

Durante el año 2023, ANDESCO otorgó el premio a la eficiencia energética a la administración distrital de Bogotá, ciudad catalogada como líder en sostenibilidad.

Con la incorporación de 1485 buses cero emisiones se redujeron 94.300 toneladas de CO2 anuales (Transmilenio, 2023).

5.3 Vehículos eléctricos

La invención de los vehículos eléctricos surgió de la evolución de los vehículos a vapor en el siglo XIX, pasando en 1838 por una locomotora que se desplazaba a 6km/h, en 1880 tuvo lugar el desarrollo de las primeras baterías de plomo ácido, en 1897 apareció el primer taxi eléctrico en Nueva York, en 1898 el primer autobús híbrido y en 1899 un vehículo eléctrico superó los 100km/h. En 1907 se inició la fabricación de baterías recargables de plomo ácido pero poco tiempo después Henry Ford presentó el motor a gasolina que podría alcanzar mayores velocidades y tendría un buen desempeño para la primera guerra

mundial. Así, en 1920 le llegó el fin al primer impulso que tuvieron estos vehículos y que fueron reemplazados por los de motor combustión interna. Sin embargo, en las décadas de los 60-70 empezó de nuevo a surgir la idea de retomar esta tecnología ante una inminente crisis en el sector del petróleo y varios fabricantes continuaron desarrollándola. Para la década de los 90, empezaron a aparecer los primeros vehículos híbridos logrando autonomías interesantes y menos emisiones contaminantes (González, 2019).

Si bien las emisiones son inferiores que la de los vehículos de combustión, esto no quiere decir que durante todo su ciclo de vida el vehículo eléctrico sea menos contaminante. Al hacer una comparación entre ambas tecnologías, es necesario hacerlo en tres etapas:

1. Extracción, procesado y fabricación
2. Uso
3. Fin de vida.

Se concluye por parte de este autor que el mayor impacto ambiental de los vehículos eléctricos es durante la etapa de fabricación de las baterías y el motor, mientras que para un vehículo a combustión es durante la etapa de uso (Frías Marín & Perales, 2019).

Analizando un poco más el proceso de extracción de los minerales que son utilizados para la fabricación de las baterías, es de resaltar que esta actividad tiene un impacto negativo en el medio ambiente, pues para obtenerlos es necesario perforar la tierra, talar árboles y contaminar fuentes hídricas con minerales pesados; para extraer una tonelada de litio es necesario usar 500,000 galones de agua (Reyes Acosta, 2022).

Las materias primas para la fabricación de las baterías están concentradas en pocos países: el cobalto tiene su mayor reserva en la República del Congo, el 75% del manganeso se encuentra en Australia, Brasil, Sudáfrica y Ucrania, el 58% del litio en Chile y casi el 80% de grafito en Brasil, China y Turquía. El primer país en particular es salpicado por rumores de corrupción y trabajo infantil. Otros países como Argentina, Bolivia y Chile que tienen reservas de litio, tienen asentamientos de pueblos originarios y ancestrales que ven sus tierras amenazadas (Bermeo, 2021).

Otro factor importante en el análisis de los vehículos eléctricos es la forma en la que se genera la energía para alimentarlos de tal manera que pueda obtenerse la reducción de gases de efecto invernadero (Andara, 2020). Para el día 27 de enero de 2024, según el portal de XM se reportó que, con corte al 25 de enero, la generación de energía en

Colombia con fuentes renovables era del 80,76% (XM, 2024). Con esta información se reafirma que Colombia es uno de los países con las matrices de generación eléctrica más limpias del mundo (Planas & Cárdenas, 2019).

Adicionalmente, varios proyectos de movilidad eléctrica en Colombia implementan en sus techos generación con energía solar para hacer un aporte mayor a la instalación eléctrica que requiere estas estaciones de carga (Erco Energía comunicación personal, 18 de abril de 2022).

La forma en que la energía eléctrica llega a estos vehículos es a través de un conector. Hay varios modelos de conectores y su diseño depende básicamente del lugar de fabricación del vehículo. En vista de que los voltajes de operación son diferentes dependiendo de la ubicación en el planeta, los conectores se fueron normalizando por zonas geográficas y por tiempo de carga, lenta (corriente AC) que puede tomar hasta 10 horas para cargar el vehículo o rápida (corriente DC) que puede cargar el vehículo hasta en 30 minutos. Los tiempos de carga dependerán del porcentaje de descarga de la batería en el momento, la capacidad de la batería y de la potencia del cargador (G. Galindo comunicación personal, 10 de agosto de 2021).

En la **Figura 14** se puede observar los diferentes estándares de conexión de carga rápida en el mundo. Para el año 2020 los colores oscuros mostraban las regiones que ya tenían un estándar establecido, el color azul claro era una recomendación de estándar de conector de este fabricante de cargadores de vehículos eléctricos considerando que la normativa europea era la más utilizada en Sur América, aun cuando varios países se rigen por niveles de tensión norteamericanos.

El achurado indica que Asia tiene su propio estándar de conexión que difiere completamente de lo que otras grandes regiones ya han adoptado.

Figura 14.

Estándares de conexión

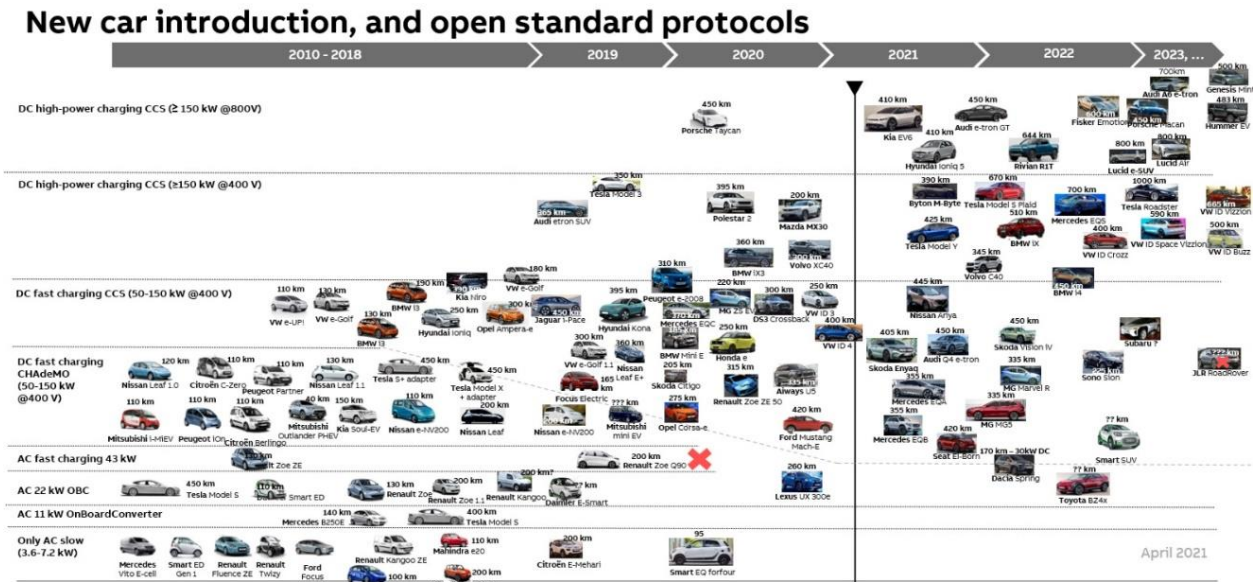


Nota. Figura tomada de ABB Colombia Ltda.

Desde el año 2010 los vehículos eléctricos son más populares y han venido aumentando en cantidad y especificaciones (autonomía de recorrido) con la creación del primer estándar de carga rápida de origen japonés llamado CHAdeMO. Hacia el año 2012, se creó la Alianza CCS que les dio vida a los estándares internacionales CCS1 (conector norteamericano) y CCS2 (conector europeo) con lo cual hubo un importante crecimiento de modelos con estos estándares tal como se observa en la **Figura 15**. En los años siguientes, estos estándares se han mantenido pero la potencia de los cargadores y el voltaje han aumentado permitiendo autonomías cercanas a los 700km (G. Galindo comunicación personal, 18 de abril de 2021).

Figura 15.

Evolución vehículos eléctricos y conectores



Nota. Figura tomada de ABB Colombia Ltda.

A medida que nuevos modelos de vehículos surgían fue necesario que los cargadores tuvieran la posibilidad de cargar varios vehículos, independiente del conector que se usara, con lo cual hacia el año 2013 fue más común encontrar cargadores multi estándar (G. Galindo comunicación personal, 18 de abril de 2021).

Los camiones eléctricos y vehículos pesados no son ajenos a estas evoluciones, han pasado por un camino similar. Sin embargo, debido a los costos que implican la tecnología de un conector CCS, se puede apreciar en los informes interactivos de ANDEMOS (Tabla 3) que una gran proporción están siendo importados a Colombia con conector GBT o chino.

Algunos propietarios de flotas de buses como la compañía Fanalca, ha decidido carrozar los vehículos con conector CCS2 pues prefieren un estándar que cumple una normativa internacional y cuyo desempeño ha sido ampliamente probado en Europa donde existen grandes instalaciones de carga de buses (E. Cando, comunicación personal, 11 de agosto de 2023).

Otros propietarios han decidido trabajar con conector GBT para optimizar el rendimiento del capital, cuyos cargadores han afectado la calidad de la energía inyectando a la red energía reactiva capacitiva. Esta actividad es penalizada en Colombia mediante la Resolución 015 de la CREG y tiene un factor multiplicador donde el valor de la sanción aumenta mes a mes si no se corrige. Para la corrección se utilizan generadores estáticos de reactiva que llevan la instalación a un equilibrio en su funcionamiento: no consumen energía reactiva inductiva ni inyectan energía reactiva capacitiva (Taborelli, 2023).

5.4 Disposición final de las baterías

Uno de los temas que más causa controversia es este, para desarrollar este importante tópico y lo que se hace actualmente en Colombia, dado que las baterías son consideradas un residuo peligroso, el ingeniero Alejandro Camargo de la empresa antioqueña BATx, da a conocer los puntos más importantes de este proceso (A. Camargo, comunicación personal, 21 de septiembre de 2021). La información es presentada a continuación:

La disposición final de las baterías de los vehículos eléctricos es un pasivo ambiental difícil de manejar porque puede ser inflamable y verter elementos tóxicos en el ambiente, si no se les da una adecuada disposición.

Cuando estas baterías tienen un estado de salud menor al 70%, se pierden las características de entrega de potencia y con ello el desempeño del vehículo se afecta. Sin embargo, siguen almacenando energía, Por lo cual, podrían ser utilizadas en otras aplicaciones diferentes. Lo importante es verificar que no es un residuo y por ello se adquiere como un activo que funciona.

No hay un método para repotenciar las celdas de una batería y volverlas a un buen estado, pero sí se puede optimizar el uso y prolongar su vida para darle una segunda vida en una aplicación diferente. Este es el caso de la empresa BATx, una empresa emergente creada y ubicada en la ciudad de Medellín, que recupera las baterías y las orienta como un respaldo energético para aplicaciones de sistemas de potencia ininterrumpida (UPS),

sistemas de almacenamiento de energía para instalaciones fotovoltaicas y otra no menos interesante, almacenamiento de energía para estaciones de carga de vehículos eléctricos.

Una vez adquieren las baterías, lo primero que se hace es un estudio de cómo se utilizaron, esto es: perfiles de uso, temperatura, estado de carga, profundidad de descarga, ritmo de carga y descarga. También se evalúa la salud de ellas, es decir el estado en el que se encuentran mediante pruebas eléctricas; nunca se ingresa al interior de las celdas. Cuando es necesario, rearmen las celdas o las reconfiguran y hacen de nuevo el ensamble de la batería con equipos de soldadura.

Si por algún motivo la batería no puede ser utilizada o después de esa segunda u otras vidas en aplicaciones diferentes, la disposición final la hacen los gestores especializados que reciclan.

Cada batería a la cual se le puede dar una segunda vida es una batería menos que entra en Colombia, menos recursos y transporte que se utilizan, con lo cual esta actividad tiene un impacto ambiental muy positivo. El proceso de fabricación de baterías es muy contaminante, más de lo que se esperaría, porque los métodos de producción no tienen tantos años como otras industrias. Darles una segunda vida a las baterías, permite reciclar óxido de litio, acero, cobre y aluminio que son materiales infinitamente reciclables y que no pierden calidad, antes aumentan porque se refinan más. Hoy se valora más el hidróxido de litio recuperado de las baterías que el material virgen recién extraído.

6. Resultados

6.1 Análisis de referentes internacionales

Tomando de referencia el estado del arte, a continuación, en la **Tabla 15** se listan los principales incentivos de los países investigados.

Tabla 15.

Incentivos países objeto de estudio

País	Reducción de aranceles	Reducción impuestos	Subsidios compra	Inversión infraestructura de carga	Investigación y Desarrollo	Restricciones Movilidad	Requisitos circulación
Argentina	✓ ^a	✗	✗	✗	✓ ^b	✗	✗
Australia	✗	✗	✓ ^b	✓ ^a	✓ ^a	✗	✗
Brasil	✓ ^a	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Canadá	✗	✗	✗	✓ ^a	✗	✗	✗
Chile	✓ ^a	✓ ^a	✗	✓ ^a	✗	✗	✗
China	✗	✓ ^a	✓ ^{ab}	✓ ^{ab}	✓ ^a	✓ ^b	✓ ^{ab}
Colombia	✓ ^a	✓ ^a	✗	✓ ^a	✗	✓ ^a	✓ ^a
Costa Rica	✓ ^a	✓ ^a	✗	✓ ^{a*}	✗	✓ ^a	✗
España	✗	✗	✓ ^a	✓ ^a	✓ ^a	✓ ^b	✓ ^b
Estados Unidos	✗	✓ ^{ab**}	✓ ^b	✓ ^a	✓ ^a	✓ ^{ab}	✗
Francia	✗	✗	✓ ^a	✓ ^a	✗	✓ ^a	✗
Japón	✗	✗	✓ ^a	✓ ^a	✓ ^a	✗	✗
México	✓ ^a	✓ ^a	✗	✗	✗	✗	✓ ^a
Perú	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Reino Unido	✗	✗	✓ ^a	✓ ^a	✓ ^a	✓ ^b	✗
Suiza	✗	✗	✗	✗	✗	✓ ^a	✓ ^a

a. Política implementada a nivel nacional

b. política implementada a nivel regional o local (estados, ciudades u otra unidad administrativa).

* Incluye reducción de IVA para repuestos necesarios para construir dicha infraestructura.

** Incluye reducciones de impuesto a la renta o tax credits

Nota. Tabla adaptada del reporte de Giro Zero, Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo

De esta manera fue posible identificar tres factores comunes a todos los países que fueron objeto de este estudio los cuales son: legislación, incentivos, e infraestructura de carga. A continuación, se presentarán los resultados teniendo como base estos tres factores comparados con el desarrollo de ellos en Colombia.

6.1.1 Factor Legislación

Al tomar la variable legislación y hacer una revisión de la **Figura 14**, se observa que desde la década de los 90's en Colombia existen leyes que regulan el parque automotor de carga, su reposición y modernización especialmente para aquellos de PBV superior a 10,5 toneladas. En los años 2000 tomó mayor fuerza las políticas por el control de la calidad del aire, mejoras en los máximos de emisión permisibles de los vehículos y de la calidad del combustible y se crean los CDA's para regular estos límites. En los siguientes doce años se habla de reconocimiento económico por la desintegración física de los vehículos, Colombia se adhiere al acuerdo de París, hay directrices para la gestión de cambio climático, en esta misma línea aparece normativa que estimula las fuentes no convencionales de energía, surge el término de movilidad sostenible y se promueve el uso de vehículos eléctricos.

Sin embargo, aunque se observa que la normativa de Colombia se va transformando en la misma línea que lo hacen los países desarrollados con un grado de retraso, en cuanto a desincentivos para la desintegración de vehículos no se aprecia nada e incentivos para las modernizaciones son incipientes y poco llamativos para las personas que están explorando la opción.

6.1.1.1 Aspecto ambiental

Unas de los pilares importantes de esta legislación ha sido el aspecto ambiental: limitar las emisiones que producen estos vehículos con el objeto tal como lo describen diferentes leyes asociadas, proteger el ambiente, la salud, el derecho a un ambiente sano y la vida humana de los riesgos generados por los contaminantes provenientes de las fuentes móviles terrestres.

En 2015 entró en vigor la Resolución 1111 de 2013 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo en cuanto a que sólo se pueden nacionalizar vehículos de carga pesada que cumplan con motores certificados en un mínimo de tecnología euro IV (COLFECAR, 2015).

Con la entrada en vigor de la Ley 1972 de 2019, se informa de acciones por parte del MME que garantizarán la producción, importación, almacenamiento, adición y calidad en la distribución de combustibles con el fin de que el contenido de azufre en el combustible diésel sea a partir del 1 de enero de 2023 entre 10 y 15 ppm y a partir del 1 de diciembre de 2025 10ppm. Adicionalmente, en el artículo 4 de esta misma ley, se indica que las fuentes móviles terrestres con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensamblen o importen al país, con rango de operación nacional, tendrán que cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías euro VI, su equivalente o superiores.

Finalmente, en 2022 se expidió la resolución 0762 que establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres, reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetas, sean estas importadas, ensambladas o de fabricación nacional y adopta otras disposiciones. Le entrada en vigor de esta ley será 12 meses después de su expedición, es decir 18 de Julio de 2023.

En varias ciudades de Colombia como en otros países hay restricciones de circulación de los vehículos dependiendo del número de la placa, así se limita un poco la contaminación de estas fuentes móviles. Sin embargo, en Bogotá existe el pico y placa solidario en el cual los usuarios de vehículos podrán circular libremente a cambio de un aporte que será usado

para el sostenimiento y mejoramiento del Sistema Integrado de Transporte Público (Secretaría de Movilidad de Bogotá, s. f.).

Otros países como China, Francia y Reino Unido han realizado delimitaciones por horarios y/o zonas en sus principales ciudades (zonas cero emisiones), en las cuales se restringen la entrada de vehículos de carga o que generan emisiones importantes. En estas zonas, por lo general hay una cantidad importante de personas que se desplazan a pie. Particularmente en Oxford, planean cobrar a los vehículos contaminantes que circulen por estas zonas (Hernández et al., 2023).

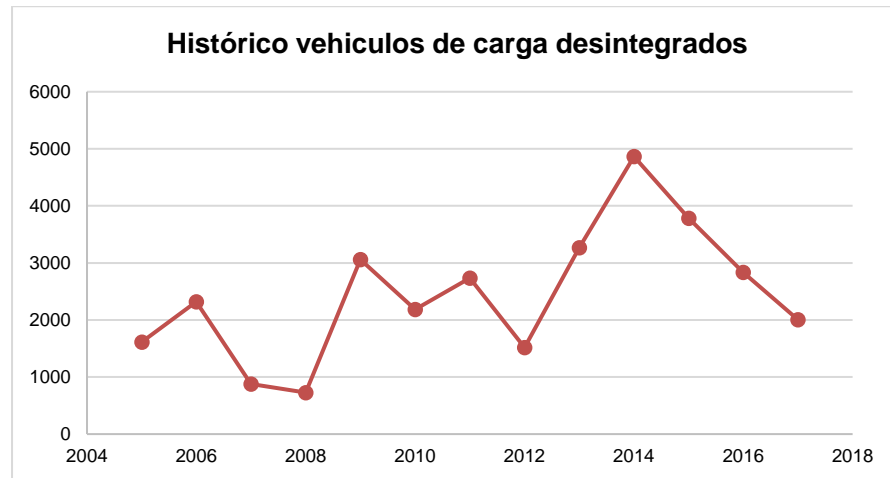
6.1.1.2 Aspecto desintegración

En cuanto a la constitución del parque automotor en Colombia, según el RUNT en el balance 2022, había 18.082.451 vehículos. De los cuales el 61% corresponden a motocicletas, el 38% a vehículos como automóviles, camionetas, camiones, buses, busetas y volquetas; el 1% restante corresponde a maquinaria, remolques y semirremolques. El 93% de estos vehículos corresponden a vehículos particulares, el 6% a vehículos de servicio público y el 1% a vehículos oficiales.

Con la información disponible en la página del RUNT no fue posible discriminar la cantidad de vehículos de carga por categoría y edad. Sin embargo, según un informe realizado por el Diario La República en el año 2018, para el primer semestre de este año, había en Colombia 372.714 vehículos de carga. Los camiones constituían el 72% de este parque automotor, seguido de los tractocamiones con el 15% y las volquetas con el 13%. La mayoría de estos vehículos, el 73% correspondían a servicio público, 24% particular y 3% oficial. El 25.6% de los vehículos de carga tenían más de 20 años, el 59% entre 5 y 20 años y tan solo el 15% menos de 5 años. Adicionalmente, se presentó una caída importante en el número de vehículos desintegrados tal como se observa en la **Figura 16**. Por este motivo, los transportadores solicitaron al gobierno una solución para agilizar los procesos de desintegración de los vehículos (Cifuentes, 2018).

Figura 16.

Histórico de desintegración parque automotor de carga 2005-2017



Nota. Elaboración propia con información del diario La República

Con la participación de Colombia en la OCDE se adquirieron algunos compromisos como: eliminar del programa de chatarrización la actividad de matricular un vehículo nuevo a cambio de la salida de uno viejo, debido a que se restringe de alguna manera la importación de vehículos, lo que no está en línea con los principios del tratado de libre comercio con Estados Unidos y la Unión Europea. Sin embargo, este programa tenía como objetivo proteger el transporte de carga evitando una sobreoferta de camiones que disminuyera el precio de los fletes de transporte (Clavijo, 2019).

Como respuesta a este requerimiento, en 2019 por medio de la resolución 5304 se reglamenta el procedimiento de registro inicial de vehículos nuevos y de servicio público y adicionalmente se reglamenta el procedimiento para aplicar al programa de modernización del parque automotor de carga para vehículos de PBV superior a 10,5 toneladas. Los vehículos de PBV inferior, objeto del presente estudio, deberán someterse a su registro inicial según lo indicado en la resolución 12379 de 2012.

Unos meses antes se expidió el Decreto 1120 del 26 de junio que en sus artículos 6 y 7 especifica que el Ministerio de Transporte diseñará un programa con el objeto de promover la desintegración y modernización del parque automotor de carga que sólo aplicará para vehículos con Peso Bruto Vehicular - PBV, mayor a 10,5 toneladas; para esta actividad los propietarios que hagan el registro inicial de un vehículo (no reposición), deben pagar el 15% del valor comercial del vehículo sin incluir el Impuesto al Valor Agregado – IVA (Ministerio de Transporte, 2019a).

6.1.1.3 Aspecto incentivo

En cuanto a incentivos o beneficios para los vehículos de carga, estos empezaron a ser tangibles en 2014 con la Ley 1715 en el que se indica que los vehículos de transporte de carga que operan con tecnologías limpias o bajas emisiones pueden acceder a beneficios arancelarios de reducción de renta líquida y de reducción del impuesto sobre las ventas IVA (Ministerio de Transporte, 2019b).

Luego en 2020 mediante el Decreto 221 del 14 de febrero, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público considera que “para permitir, facilitar, promover e incentivar la reposición de vehículos de servicio público y particular de carga para los pequeños propietarios del sector, mediante el Artículo 12 de la ley 2010 de 2019, que adicionó los numerales 4 y 5 al artículo 477 del Estatuto Tributario, se estableció un beneficio tributario bajo la figura de exención de IVA para Los vehículos automotores de servicio público o particular, de transporte de carga completos y el chasis con motor y la carrocería adquiridos individualmente para conformar un vehículo automotor completo nuevo de transporte de carga de más de 10,5 toneladas de peso bruto vehicular. Este beneficio será aplicable a las ventas hechas a pequeños transportadores propietarios de hasta de dos (2) vehículos y para efectos de la reposición de uno o dos vehículos propios, por una única vez. Este beneficio tendrá vigencia de cinco (5) años” (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2020).

Para que los interesados puedan acceder a este beneficio, el propietario del vehículo debe tenerlo debidamente registrado en el Registro Único Nacional de Tránsito - RUNT y realizar

la desintegración física total en una entidad desintegradora autorizada por el Ministerio de Transporte, la cual emitirá un certificado de esta actividad. Seguidamente el beneficiario deberá realizar los trámites para la cancelación de la documentación del vehículo y finalmente se le expedirá el certificado de CREICARGA¹³, para registrar el nuevo vehículo en reposición con exención del impuesto sobre las ventas – IVA (Colombia, 2016).

Si bien al momento del desarrollo del presente estudio no hay ninguna normativa que regule la vida útil de camiones de PBV inferior o su proceso de desintegración, el proyecto de ley 274 de 2023, Plan Nacional de Desarrollo del actual gobierno, en el artículo 253 habla de la creación de un Fondo para la Promoción del Ascenso Tecnológico y en el numeral 2: *“Subcuenta denominada “Modernización del Transporte de Carga Liviana y volquetas de nivel nacional”, cuyos recursos serán destinados a implementar programas de modernización y transición energética del parque automotor de carga con peso bruto vehicular igual o inferior a 10,5 toneladas y volquetas. Esta subcuenta estará financiada, además de las fuentes generales señaladas en el presente artículo, por aquellos recursos provenientes del pago de un porcentaje que defina el Gobierno nacional, sobre el valor comercial del vehículo nuevo de carga con tecnología convencional diésel o gasolina antes de IVA, como requisito para su registro inicial”*.

En cuanto a la definición de la vida útil de los vehículos otros países lo definen, en función de su tecnología de fabricación y categoría (comercial o pasajeros). En contraparte Colombia no tiene políticas claras; según la Federación de Aseguradores Colombianos - FASECOLDA, la flota de camiones y tractocamiones en Colombia tiene más de 20 años debido a la ausencia de regulaciones en esta materia, en contraste las flotas de Estados Unidos y países de Europa tienen menos de 10 años. Las flotas de países de la región alrededor de 15 años (Umaña, 2014).

¹³ Certificado de cumplimiento de requisitos para el registro inicial de vehículo nuevo en reposición con exención de IVA para transporte particular de carga – CREICARGA.

Otros países a través de ciertas actividades desestimulan tener vehículos de más edad que la definida, como el cobro incrementado de servicios de revisiones obligatorias y los seguros.

Al hacer un comparativo con Colombia, en estos aspectos se aprecia por ejemplo que el valor del SOAT para un vehículo de carga de menos de 5 toneladas modelo 2000 tiene el mismo valor que para un vehículo modelo 2018 correspondiente a \$818.300, esta información está disponible en la página Web de la Superintendencia Financiera de Colombia(Superintendencia Financiera, 2023).

Al hacer el mismo ejercicio mediante una aplicación de la Superintendencia de Transporte, se puede obtener la tarifa de la Revisión Técnico Mecánica en los CDA's de Colombia. Para un vehículo de carga privado de 2 ejes de más de 17 años de antigüedad en la ciudad de Medellín el costo se encuentra entre \$386.195 y \$455.500. Un vehículo de las mismas características, pero con una antigüedad de 3-7 años pagaría lo mismo(Superintendencia de Transporte, s. f.).

En cuanto al impuesto vehicular en Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2023) este se paga en función del avalúo comercial del vehículo establecido por el Ministerio de Transporte. Para 2023 estos son los porcentajes que indica el Ministerio de Hacienda y Crédito Público:

- 1,5 % para vehículos con avalúos de hasta \$52.483.000
- 2,5% para vehículos con avalúos entre \$52.483.000 y \$118.033.000
- 3,5% para vehículos con avalúos superiores a \$118.033.000: 3,5%
- 1% para vehículos eléctricos

Adicionalmente se ofrecen descuentos por pronto pago así:

- 10% para vehículos de combustible
- 15% para vehículos híbridos
- 20% para vehículos eléctricos

Están exentos de pagar este impuesto los vehículos de transporte público y de carga.

Si bien los vehículos públicos no pagan impuestos gubernamentales, si deben pagar los del municipio al cual se encuentran inscritos. Los vehículos públicos pueden estar afiliados a empresas que tienen diferentes categorías dependiendo de la modalidad de los vehículos y a su vez cupos y que de alguna manera les asegura el volumen de trabajo, acá deberán tener vigente el SOAT y seguro de responsabilidad civil extracontractual contra daños a terceros. En cambio, si los vehículos de carga son matriculados como privados es solo obligación tener el SOAT (A. Cañas, comunicación personal, 11 de febrero de 2023).

Con lo descrito anteriormente, se constata que en Colombia no hay una amonestación o desincentivo para los vehículos antiguos a diferencia de otros países que ponen más cargas impositivas.

Sin embargo, se aprecia que los vehículos eléctricos tienen desde el año 2019 algunas ventajas, con la creación de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica que espera a 2030 tener 600.000 vehículos eléctricos en Colombia. El 11 de Julio de este mismo año fue publicada la ley 1964 que tiene como fin promover el uso de los vehículos eléctricos.

Esta ley tiene algunos aspectos importantes:

- El impuesto para estos vehículos no podrá superar el 1% del valor comercial.
- Habrá un descuento en la revisión técnico-mecánica y del 10% para el SOAT.
- Las entidades territoriales brindarán incentivos para estos vehículos
- Los vehículos estarán exentos de restricciones a la circulación vehicular, como pico y placa o día sin carro.
- En establecimientos comerciales y entidades públicas se debe destinar el 2% del total de las plazas de parqueo, con lo cual habrá parqueaderos preferenciales.
- Habrá iniciativas públicas para el uso de estos vehículos en las cuales estas entidades deberán cumplir con una cuota mínima del 30% de vehículos eléctricos dentro de lo que compran o contratan anualmente las ciudades.
- En ciudades con sistema de transporte masivo deben implementar políticas públicas tendientes a garantizar
 - 10% a partir de 2025
 - 20% a partir de 2027
 - 40% a partir de 2029
 - 60% a partir de 2031

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

- 80% a partir de 2033
- 100% a partir de 2035
- Los municipios con categoría especial deberán garantizar que existan al menos 5 estaciones de carga rápida.

Desde el punto de vista de los impuestos, en la **Tabla 16** se indica los valores a pagar por cada una de las tecnologías.

Tabla 16.

Impuestos anuales por tecnología

	Diésel	Eléctrico
Impuesto vehicular anual	<ul style="list-style-type: none">• 1,5 % para vehículos con avalúos de hasta \$52.483.000• 2,5% para vehículos con avalúos entre \$52.483.000 y \$118.033.000• 3,5% para vehículos con avalúos superiores a \$118.033.000	1% del valor comercial del vehículo
Gravamen arancelario	15% para países con los que no hay TLC (China)	0%
IVA	19%	5%

Nota. Elaboración propia con información del RUNT

Adicionalmente en el año 2021 se publicó la resolución 40223 por parte del Ministerio de Minas y Energía “Por la cual se establecen las condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables.” Esta resolución establece que el prestador de servicio de carga para estos vehículos puede ser cualquier persona natural o jurídica y que recibirá una contraprestación por esta actividad, que tendrá por lo tanto la responsabilidad de construir y poner en funcionamiento las estaciones de carga, así como adelantar la operación y el mantenimiento.

También se establece que este suministro de energía eléctrica se considera como un servicio de carga y no como un servicio público domiciliario, con lo cual no se abarca la actividad de comercialización de energía eléctrica en los términos de la ley 143 de 1994.

El prestador de servicio de carga debe registrarse en la plataforma que el Ministerio de Minas y Energía disponga con la información de sus estaciones y deberá cumplir con todas las condiciones de seguridad establecidas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas -RETIE. Finalmente, se adopta un conector mínimo para estas estaciones de carga, en el cual todo prestador deberá contar al menos con un conector tipo uno para carga lenta y CCS1 para carga rápida; este estándar es exigible a partir de los 12 meses de entrada en vigor de esta resolución y para las estaciones de carga que se instalen después del 9 de Julio de 2021.

Antes de que esta ley entrará en vigor, los vehículos eléctricos traídos a Colombia no conservaban ningún estándar de conexión en particular, cada fabricante lo escogía. La empresa ABB, líder en tecnología y pionera de la movilidad eléctrica recomendó para Colombia el estándar europeo tal como se observa en la **Figura 14**, al ver que nuestro país adopta la mayoría de las normas internacionales de este origen; sin embargo, los voltajes de operación son los de Norteamérica con lo cual este estándar también era una opción. No obstante, es posible predecir el conector que traerá el vehículo dependiendo de su origen, Norteamérica, Europa, Japón o China.

La mayoría de los vehículos objeto del estudio son de procedencia China con lo cual el estándar es el GBT.





La adopción de un estándar de carga se hizo necesario, pues al no existir reglamentación y con la llegada de los vehículos eléctricos a Colombia estos eran los que imponían de alguna manera el conector. Si bien países de la región han optado por el estándar europeo, Colombia se acogió al estándar norteamericano.

A continuación (**Figura 17**), se presenta un normograma que recopila la normativa asociada a los vehículos de carga, la desintegración, los aspectos ambientales, los incentivos y la transición hacia la movilidad eléctrica.

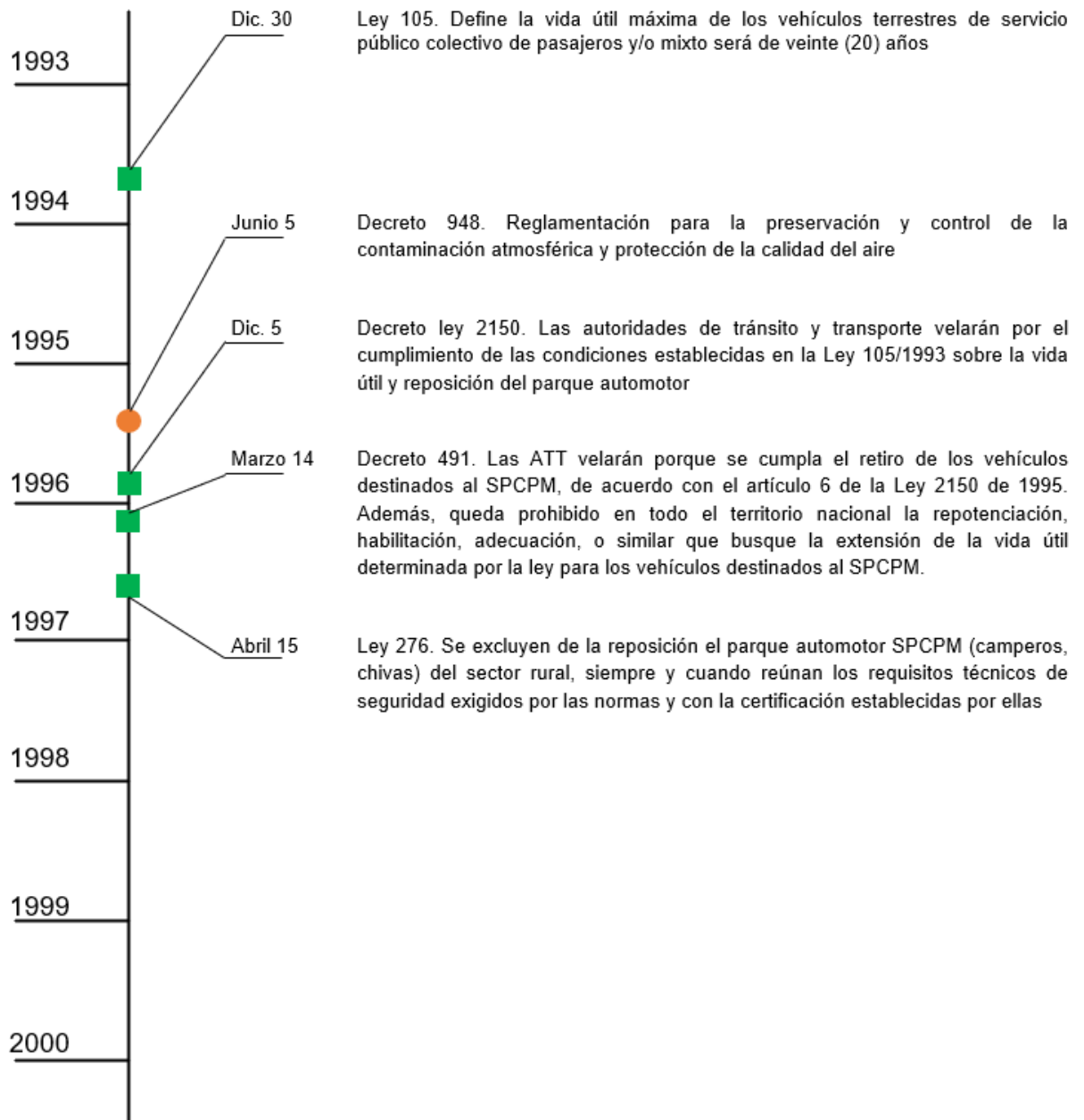
Figura 17.

Normograma vehículos de carga

Convenciones

-  Normativa asociada a la calidad del aire y contaminación atmosférica
-  Normativa asociada a transporte y movilidad
-  Normativa asociada a incentivos para la desintegración
-  Normativa asociada a movilidad eléctrica

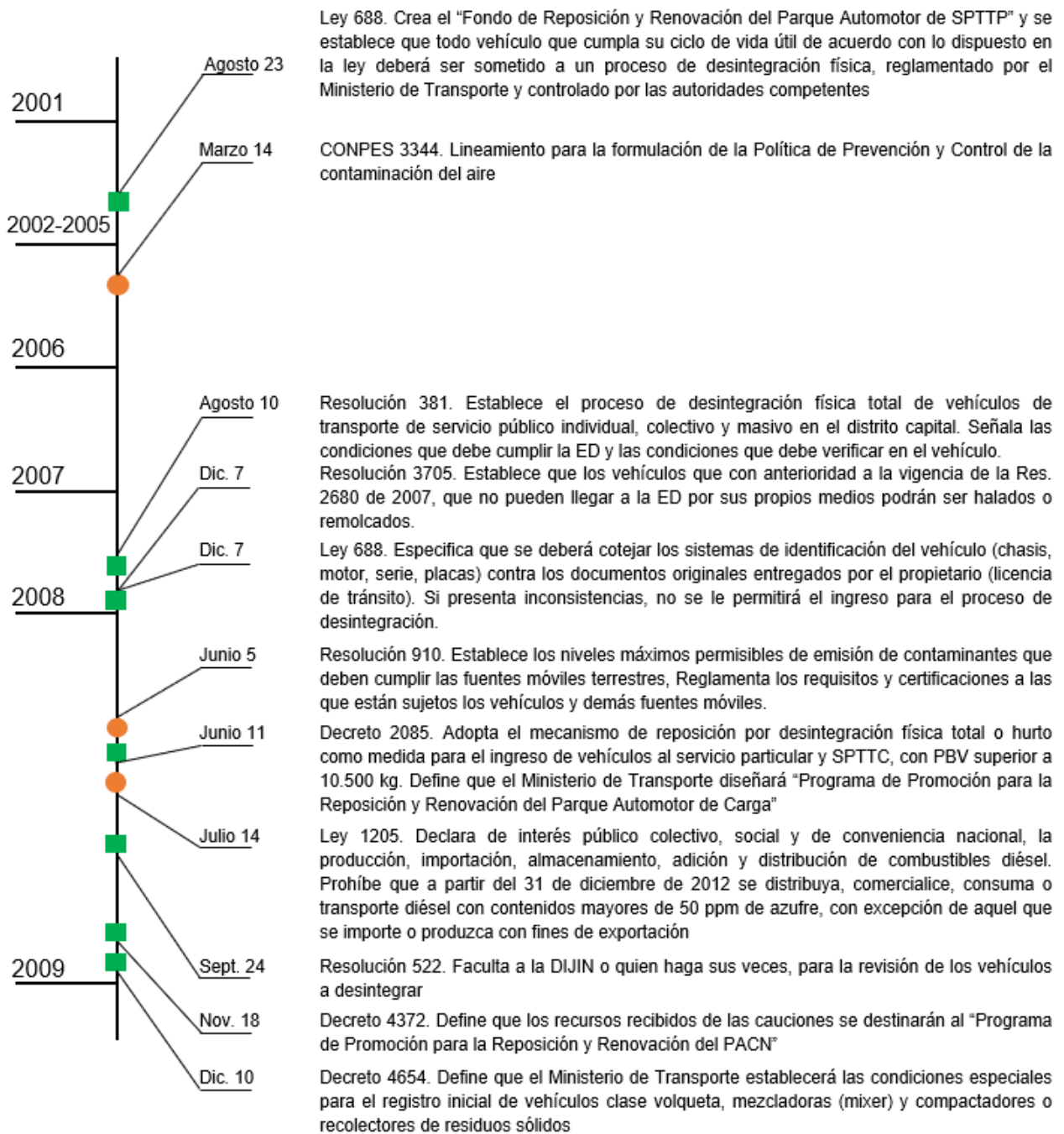
Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá



Convenciones

- Normativa asociada a la calidad del aire y contaminación atmosférica
- Normativa asociada a transporte y movilidad
- ▶ Normativa asociada a incentivos para la desintegración
- ▲ Normativa asociada a movilidad eléctrica

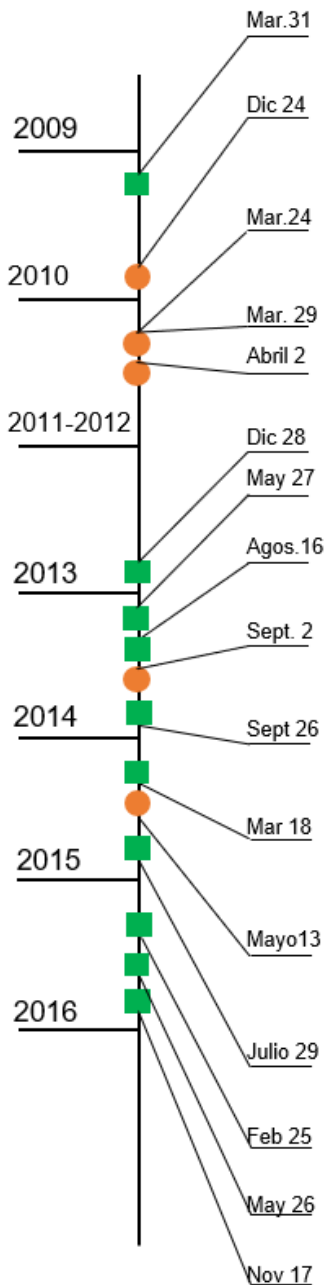
Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá



Convenciones

- Normativa asociada a la calidad del aire y contaminación atmosférica
- Normativa asociada a transporte y movilidad
- Normativa asociada a incentivos para la desintegración
- ▲ Normativa asociada a movilidad eléctrica

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá



Decreto 1131. Modifica los decretos 2085 y 2450 de 2008, respecto a las medidas para el ingreso de vehículos al servicio particular y SPTTC, Con P.B.V. superior a 10.500 kilogramos, mediante reposición por desintegración física total o caución. Señala los valores de las cauciones.

Resolución 2604. Determina los combustibles limpios de acuerdo con el contenido de sus componentes y reglamenta los límites máximos de emisión permisibles en vehículos automotores que se vinculen a partir del 1° de enero de 2010 a la prestación del SPTTP y motocarros que se vinculen a partir del 1° de enero de 2010 a la prestación del SPTTAM.

Resolución 610. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes criterio y los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos y umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos.

Resolución 650. Adopta a nivel nacional el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Política de prevención y Control de la Contaminación del Aire (PPCCA)

Resolución 12379. Establece que cuando la cancelación de la matrícula se realice por decisión voluntaria del propietario de desintegrar el vehículo, se deberá presentar el certificado de la ED

Ley 1630. Define que el MADS reglamentará las condiciones y requisitos ambientales para que las ED y/o CTVFU desarrollen la desintegración física total vehicular.

Decreto 1769. Deroga los artículos 6, 7 Y 8 del Decreto 2085 de 2005 con lo cual el ingreso de vehículos de carga quedó autorizado únicamente mediante la reposición por desintegración física total o hurto.

Resolución 1111. Modifica las excepciones de la Resolución. 910 de 2008 y establece los límites máximos de emisión permisibles para vehículos pesados ciclo Otto dedicados a gas natural o GLP.

Resolución 3768. Establece las condiciones que deben cumplir los CDA para su habilitación, las líneas móviles para su autorización, funcionamiento, así como los criterios y el procedimiento para realizar las revisiones técnico-mecánicas y de emisiones contaminantes de los vehículos automotores que transiten por el territorio nacional.

Resolución 646. Reglamenta el procedimiento para la cancelación de la licencia de tránsito, así como los requisitos que deben cumplir las ED para obtener la habilitación por parte del Ministerio de Transporte para realizar la desintegración física de vehículos automotores en el país.

Ley 1715. Establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional

Ley 1730. Establece el proceso para disposición de vehículos inmovilizados y crea la figura de declaración administrativa de abandono. El organismo de tránsito podrá proceder a la enajenación del vehículo para sustituirlo por su equivalente en dinero.

Decreto 348. Define que el tiempo de uso de SPTTAE será de 20 años y que al cumplirlo deberá ser sometido a desintegración física total. Aquellos vehículos que se sigan movilizandando a pesar de cumplir el tiempo de uso serán requeridos por las autoridades de control.

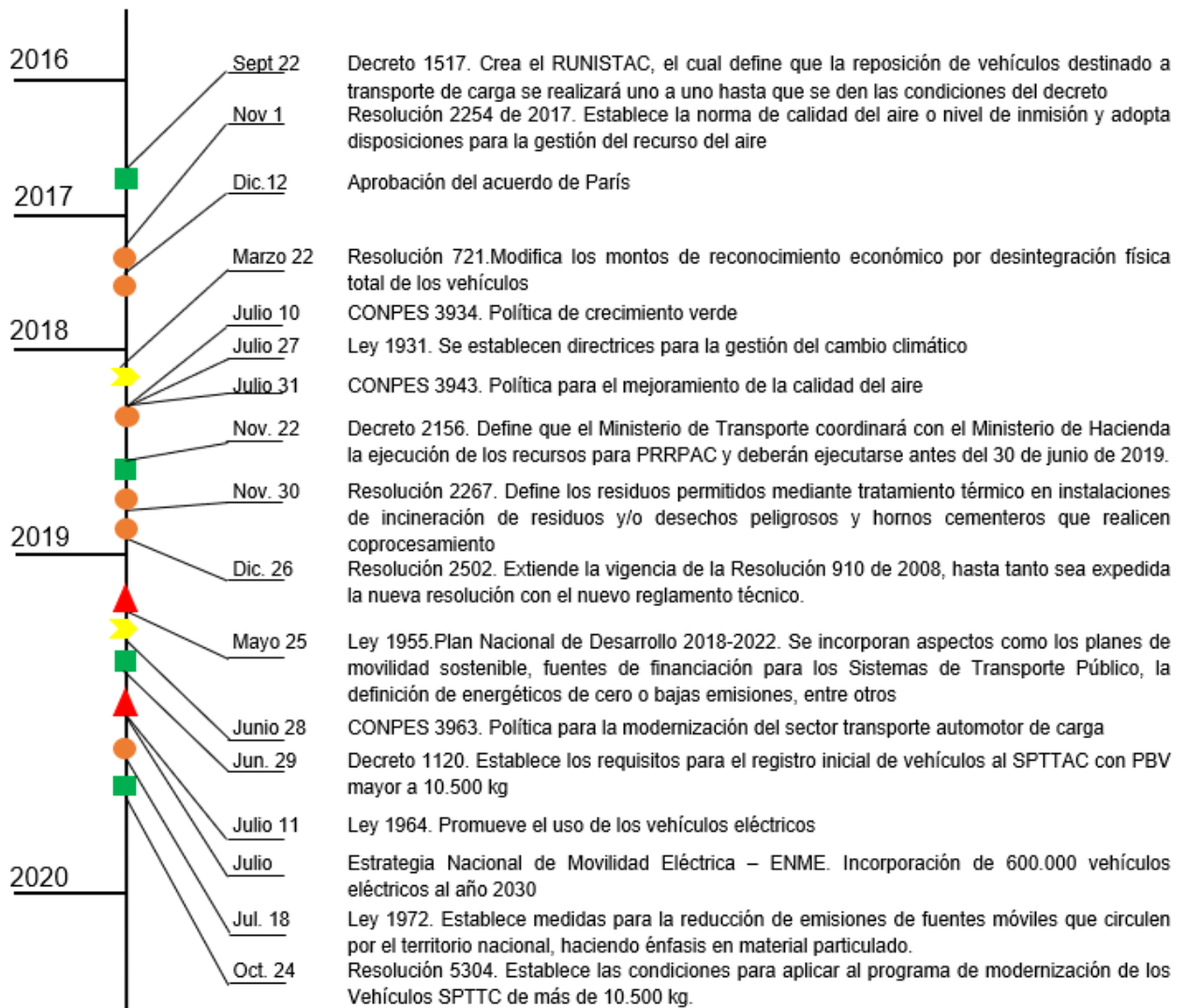
Resolución 1606. Reglamenta las condiciones y requisitos ambientales que las ED o CTVFVU deben cumplir para el proceso de desintegración de vehículos automotores.

Decreto 2297. Establece que cuando los vehículos realicen el proceso de desintegración con fines de reposición, se entenderá que cesa la obligación de permanecer vinculado a la empresa de transporte con la cual se suscribió el contrato.

Convenciones

- Normativa asociada a la calidad del aire y contaminación atmosférica
- Normativa asociada a transporte y movilidad
- ▲ Normativa asociada a incentivos para la desintegración
- ▲ Normativa asociada a movilidad eléctrica

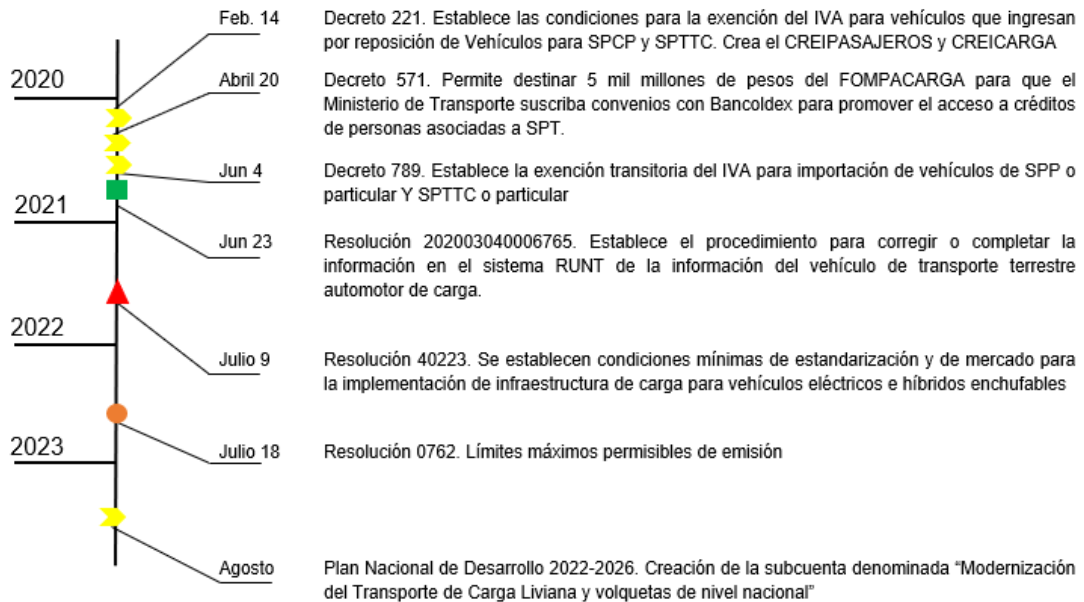
Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá



Convenciones

- Normativa asociada a la calidad del aire y contaminación atmosférica
- Normativa asociada a transporte y movilidad
- Normativa asociada a incentivos para la desintegración
- ▲ Normativa asociada a movilidad eléctrica

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá



Convenciones

- Normativa asociada a la calidad del aire y contaminación atmosférica
- Normativa asociada a transporte y movilidad
- Normativa asociada a incentivos para la desintegración
- ▲ Normativa asociada a movilidad eléctrica

Nota. Figura adaptada de la guía ambiental para el tratamiento de vehículos al final de su vida útil o desintegración vehicular.

En la actualidad, los vehículos eléctricos se presentan como una solución para desplazarnos de una forma más amigable con el medio ambiente, porque no generan polución y ruido. Sin embargo, se cree que el costo de los vehículos eléctricos en general, comparado con el de los vehículos de combustión es alto. Contradictoriamente, al hacer una comparación de costos se evidencia que no es así. Para el momento del presente estudio, la energía eléctrica tenía un costo menor que el combustible y los vehículos eléctricos tienen muchos menos mantenimientos al tener menos piezas. Un análisis financiero donde se comparan los costos totales de propiedad de vehículos ligeros en Colombia, combustión vs eléctrico, demuestra que para un usuario que recorra más de 33.000 km al año, un vehículo eléctrico es la mejor opción desde un punto de vista financiero (Torres-Pamplona et al., 2021).

Uno de los aspectos claves a considerar es el valor del combustible vs. el valor de la energía (Torres-Pamplona et al., 2021). Es de resaltar que, a diferencia de otros países, en Colombia aún no se han implementado tarifas para horas valle y pico para todos los usuarios del mercado de energía. De momento solo está disponible una tarificación diferente para los usuarios del mercado no regulado, que son aquellos que tienen una demanda superior a 2MVW y pueden negociar el costo de su energía(XM, s. f.).

En países como Francia todas las personas tienen la posibilidad de cargar mediante sistemas de carga lenta sus vehículos en sus residencias durante la noche con un valor de kW/h inferior al pagado en las horas pico.

En los últimos años, se ha presentado un aumento de vehículos eléctricos en Colombia y específicamente en los vehículos eléctricos segmento de carga objeto del estudio, tal como lo muestra la **Tabla 17**.

Tabla 17.

Camiones eléctricos importados en Colombia

Marca	2019	2020	2021	2022	1Q 2023	Variación total 2019/2022
Gran Total	80	137	355	492	133	515%

Nota. Elaboración propia con información tomada de los informes interactivos de ANDEMOS.

Es posible apreciar que ha habido un incremento de los vehículos de esta tecnología y este segmento en Colombia, aún cuando al cierre del primer trimestre de 2023 según el presidente de ANDEMOS Oliverio García, las altas tasas de créditos de consumo, la inflación y el dólar alto han deteriorado los índices de confianza del consumidor y se ha registrado la cifra más baja de matrículas nuevas desde el año 2009, descontando el año 2020 para los otros segmentos y tecnologías (ANDEMOS, 2023).

Con la información presentada en este apartado, se concluye que la legislación para la modernización en Colombia de camiones de PBV inferior a 10,5 toneladas es mínima, no hay incentivos que lo promuevan. Por otro lado, pese a que las condiciones económicas del mundo y del país son complejas, la participación de vehículos eléctricos va por buen camino, gracias a los incentivos activos actualmente, pero es necesario fortalecer estos beneficios para que puedan convertirse en un factor diferencial a la hora de elegir un vehículo eléctrico.

Una mezcla entre legislación e incentivos llamativos daría las condiciones para que se puedan modernizar muchos camiones y realizar la disposición final de los más antiguos.

6.1.2. Factor Incentivos

Al realizar una búsqueda de información y un recorrido por diferentes regiones y países del mundo para tener referencias en las actividades de desintegración de vehículos, incentivos para hacerlo y los vehículos eléctricos, se constata que sus antecedentes están relacionados con políticas para la mitigación de gases de efecto invernadero, del cuidado de la calidad del aire y por ende de la salud de las personas.

Por esto, varios países han destinado rubros importantes que promueven la transición ecológica, la eficiencia energética y que a su vez fortalecen la economía con el desarrollo de actividades como la venta de vehículos eléctricos y la desintegración de otros que ya han llegado a su fin de vida y de las cuales sus partes pueden ser el insumo de inicio de otras actividades de fabricación y/o reparación de otros vehículos (economía circular). Se constata también que los incentivos brindados para cambio de vehículos muchas veces

obedecen a impulsos que los gobiernos brindan para que la economía continúe su crecimiento en épocas de crisis. De hecho, la venta de vehículos nuevos y sus matrículas pueden servir de indicador económico.

6.1.2.1 Precio por desintegración de vehículos en Colombia

Particularmente en Colombia y tal como se revisó en el apartado anterior, los vehículos antiguos, objeto del este estudio, no cuentan con incentivos que inviten a los propietarios a desintegrarlos y cambiarlos por uno nuevo ni tampoco se tiene un incentivo para recibir un dinero que podría utilizarse para pagar una parte en la compra de uno nuevo.

El precio de la tonelada de chatarra en Colombia ha sido complejo valorar, sin embargo, a raíz de la noticia publicada por el periódico El Colombiano en la cual habría una presunta irregularidad en contrato de chatarrización en Medellín en el año 2022, se establece que: según estudios de mercado, el kilogramo de chatarra se calculaba en esta época entre los \$1.000 y \$1800. Sin embargo, el contrato fue adjudicado con un pago de \$98 por kilo a la empresa Unión temporal RyM S.A.S. (El Colombiano, 2022)

6.1.2.2. Precio por desintegración de vehículos en otros países

En la Unión Europea más de 25 millones de vehículos alcanzan su final de vida cada año y generan más de 8 millones de toneladas de residuos.

Según el portal Auto Recycling World, en Estados Unidos más de 25 millones de toneladas de materiales son recicladas de vehículos antiguos cada año. Esta industria está ubicada en el puesto 16, con más de 100.000 empleados y contribuye con 25 billones de dólares a la economía de la nación. Las personas reciben dinero por desintegrar su vehículo y los materiales reciclados pueden ser reutilizados, una actividad ambientalmente más viable que extraer nuevos minerales y materias primas que emitirán para su transformación dióxido de carbono (Auto Recycling World, 2021)

El portal Sellmax, menciona que los vehículos son el artículo que más reciclan los estadounidenses, con alrededor de 12 millones de unidades por año. Con el acero reciclado entre Estados Unidos y Canadá se producen alrededor de 13 millones de vehículos nuevos (Sellmax, s. f.).

Hay países como Inglaterra que tienen empresas dedicadas a la compra de vehículos para que sean desintegrados, sin importar si están averiados, estrellados con mucho o poco recorrido en kilómetros. Desde su página web, CARTAKEBACK¹⁴, cuenta con un historial de precios de chatarrización de vehículos en el que se muestran las tendencias mes a mes; también es posible estimar un precio de compra del vehículo, dependiendo de la ubicación y modelo. Este precio es sostenido por 7 días y ellos pueden pasar y recoger el vehículo. Después de entregarlo y terminar el proceso, ellos se encargan de brindar al expropietario una copia del certificado de destrucción del vehículo. En la **Figura 18**, se hace una simulación con los datos típicos de un vehículo objeto del estudio, un camión C60 de Chevrolet, modelo 1980:

Figura 18.

Estimación precio vehículo para desintegración en Inglaterra

The image shows two parts of the CARTAKEBACK website interface. On the left is a form titled "Let's get started" with the instruction "Enter the registration and location of your car to get a new quote, or retrieve a saved quote." The form contains several input fields: "Registration" (with a placeholder "e.g. EA61 WAY"), "Make" (Chevrolet), "Model" (C60), "Fuel Type" (Petrol), "Year" (1980), and "Postcode" (FY4 5PQ). There are also checkboxes for "Want a copy by email or text?" and "Remember me on this device". A large orange button at the bottom of the form says "Get my quote now >". On the right is a confirmation message box that says "You'll get £270 for your Chevrolet! (wrong car?)". Inside this box, it says "We'll collect your car and you'll get £270" in large green text, with an orange "Accept" button below it. At the bottom of the confirmation box, it says "Our offer is for collection from FY4 5PQ. Change collection location >".

Nota. Figura tomada de CARTAKEBACK

Este vehículo tiene un peso de 10.9 toneladas, con lo cual se puede deducir que el kilo estaría cercano a los £0.024, alrededor de los COP 138.

¹⁴ [https:// www.cartakeback.com/](https://www.cartakeback.com/)

Al hacer una simulación similar con la compañía norteamericana PICK-n-PULL¹⁵ que funciona en Estados Unidos y Canadá (**Figura 19**), fue posible obtener el precio de compra para un vehículo Chevrolet modelo C30 del año 1984. Para obtener el valor fue necesario responder algunas preguntas del estado del vehículo. Al suponer que el vehículo tiene todas las partes se obtiene un estimado de precio de USD 773, con lo que el kilo estaría alrededor de 806 COP, con un peso del vehículo de 4500kg.

Figura 19.

Estimación precio vehículo para desintegración en Norteamérica

Condition

Vehicle: 1984 CHEVROLET C30

Click the ⓘ icon for more information.

	YES	NO
ⓘ Damaged Front	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Damaged Rear	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Damaged Side	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Engine Missing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Transmission Missing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Radiator Missing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Catalytic Converter Missing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Tires Missing or Flat	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Glass Missing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Interior parts missing	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
ⓘ Trash	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Back Next

All fields required

Offer

Vehicle: 1984 CHEVROLET C30

Here is our offer for your vehicle.

For the best price call
(833) 201-5056 U.S. • (833) 301-9245 Canada
Call Center Hours: Mon - Fri: 9:00 am - 6:30 pm PT / Sat & Sun: 9:00 am - 5:00 pm PT

\$773

This offer is subject to change and is based on the accuracy of the information you provided. Any additional or unmentioned damages may affect this offer. This offer is guaranteed for 72 business hours and is saved under your reference number, which is the phone number you will provide on the information page after you accept this offer. This offer will be processed when your vehicle condition and documentation has been verified.

Back No Thanks Accept Offer

Nota. Figura tomada de PICK-n-PULL

En la India, según The Economic Times, el costo que se paga por desintegrar el vehículo es de alrededor de Rs 15 por kilogramo de partes metálicas, lo que sería cercano a 862 COP. Si el vehículo está en condiciones de trabajo, se puede obtener un precio mayor (The Economic Times, 2022).

¹⁵ <https://www.picknpull.com/we-buy-cars>

6.1.3. Factor Infraestructura de carga

Debido a factores macroeconómicos, como la pandemia causada por el COVID19 en el año 2020, se presentaron implicaciones en los años posteriores, pues el confinamiento en países asiáticos causó en 2021 una crisis sin precedentes en la industria en general por falta de chips y elementos electrónicos. Esta fue una de las causas por las que a nivel mundial la fabricación de vehículos y sus respectivas ventas en este año no crecieron según lo esperado. En el año 2022, la guerra entre Rusia y Ucrania tuvo también un fuerte impacto sobre Europa quienes vieron desestabilizados sus mercados energéticos. Adicionalmente, la contracción de la economía rusa y la desaceleración de la ucraniana, han sido factores que han hecho aumentar la inflación, por lo que entidades financieras aumentan sus tasas de interés con lo que se desincentiva las actividades económicas, entre ellas las ventas de vehículos.

Para inicios de 2023, las expectativas de ventas de vehículos nuevos son desalentadoras, según algunos medios de comunicación y agremiaciones del sector, quienes resaltan el incremento en la tasa de cambio y una inflación de 13,12%. De hecho, el crecimiento de ventas de vehículos nuevos del año 2022 con respecto al 2021 fue de solo 4,8%. Sin embargo, al igual que en otros países, el crecimiento más significativo se dio en vehículos de tecnología eléctrica 57,3%, de los cuales el mayor porcentaje pertenecen a vehículos híbridos - HEV, luego eléctricos a batería – BEV y por último híbridos enchufables -PHEV (infobae, 2023).

Para que el crecimiento del parque automotor eléctrico sea exitoso, se requiere en buena medida la disponibilidad de estaciones de carga rápida. Mientras los usuarios tengan que destinar menos tiempo para cargar su vehículo y lo puedan hacer en lugares accesibles, la confianza de adquirir estos vehículos ira en crecimiento. Por lo tanto, dependiendo de los posibles desplazamientos, hay que crear en las ciudades, países, regiones y continentes una red de recarga adecuada.

Tal vez esta es una de las razones por las cuales en Colombia la mayoría del parque automotor de tecnología eléctrica es híbrido además de que su costo de adquisición es menor al de los vehículos que cuentan con batería. En este punto las políticas públicas junto con el sector privado toman importancia, pues son ellas las responsables de invitar a que las personas accedan a esta tecnología sin temor. Del estado del arte de este trabajo,

se puede concluir que los países que cuentan con más estaciones de carga rápida tienen más vehículos eléctricos que aquellos cuya inversión en infraestructura de carga es menor.

Para inicios de abril de 2023, Colombia tenía registradas 191 estaciones de carga públicas más aquellas que tienen los propietarios de vehículos eléctricos y propiedades horizontales como privadas. Las principales ciudades concentran la mayor cantidad de puntos de carga, Bogotá con 41, Medellín con 26, Pereira con 9, Armenia con 8 y Cali con 7.

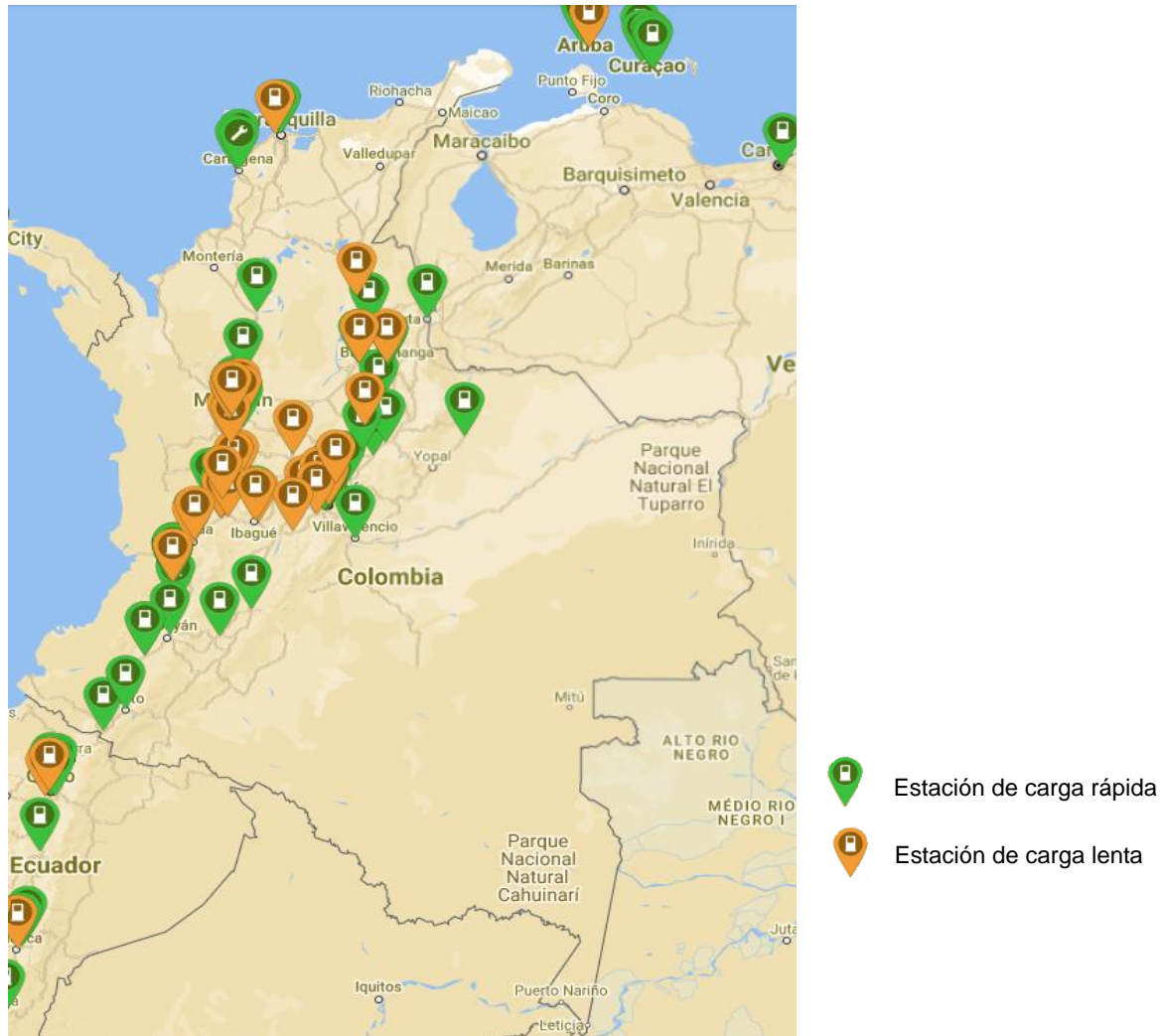
Empresas del sector eléctrico, como Grupo EPM, Enel, Celsia, Emcali y Terpel lideran y patrocinan la instalación de estas estaciones de carga. Antes de la resolución 40223 de 2021 que da indicios del actuar de estas empresas ante el cobro de la prestación de este servicio, la instalación de las estaciones de carga rápida en lugares de gran afluencia y sobre las vías principales del país, fue una iniciativa que se convirtió en apuesta al futuro, pues con inversiones cercanas a los \$300.000.000 no habría un retorno de inversión rápido, pero sí un estímulo para tener un vehículo eléctrico y desplazarse cada vez más lejos (W. Levy, comunicación personal, 10 de febrero de 2022).

Enel Colombia por ejemplo se apoyó en la experiencia internacional de su casa matriz en Italia y en la de países de la región como Chile donde son líderes en movilidad eléctrica. Desde 2015 instalaron el primer cargador rápido en un Centro Comercial de Bogotá y para finales de 2021 ya tenían de forma gratuita la estación de carga rápida más grande de la ciudad, con 4 cargadores rápidos y 7 de carga lenta (Enel, 2021); además construyeron 6 patios para la carga de buses del Sistema de Transporte Público que alimenta casi 900 buses eléctricos y beneficia más de 300.000 usuarios (Enel X, 2022).

Para conocer la ubicación de las estaciones de carga, aplicaciones como Electromaps o Plugshare las muestran a través de un mapa (**Figura 20**) con las características de los cargadores como tipo de conectores, potencia, estado y fotografías.

Figura 20.

Estaciones de carga en Colombia



Nota. Figura tomada de Electromaps

Las estaciones de carga rápida y de potencia mayor a 50kW (entre 100-400kW), son las que necesitan los camiones pues brindan soluciones flexibles a los usuarios, aumentan su confianza en la tecnología y aceleran su adopción, además de contribuir con la calidad del aire; por cada 30 minutos de carga se obtiene una autonomía de 60km. Los vehículos livianos (4 toneladas) puede cargar en 60 minutos y uno pesado (12 toneladas) puede cargar en 90 minutos (Renting Colombia, 2022).

Iniciativas como las de Enel X Way (línea de negocios de Enel especializada en movilidad eléctrica) anunciadas en los últimos días de abril de 2023, dan cuenta de la intención de crear hubs de recarga especializados en vehículos de transporte de carga. Luego de proyectos similares y exitosos en Chile y Brasil, Enel X Way se encuentra analizando en las principales ciudades de Colombia, las empresas interesadas en una red de “zona de calor” para definir los lugares en los cuales se haría las instalaciones, qué contarían con entre 6 y 10 cargadores rápidos con diferentes conectores (Audisio, 2023b).

Adquirir vehículos eléctricos con financiación en Colombia es posible, hay varias entidades que ofrecen beneficios, sin embargo, desde su punto de vista, es necesario que el gobierno genere herramientas para esta transición energética; uno de los puntos álgidos a solucionar son los vehículos de carga que por su antigüedad contaminan y se requiere la renovación de estas flotas. Estos bancos indican que se requieren acciones concretas por parte del gobierno para que puedan modernizarse estos vehículos y tener acceso a los beneficios, además de ser conscientes de que los vehículos tienen un ciclo de vida que debería ser menor al actual. Subrayan que el esfuerzo para esta transición no puede ser exclusivo de las entidades financieras y, por lo tanto, se requiere un plan estructurado para que los propietarios de estos vehículos entiendan cómo cambiarlos y desintegrarlos para que no se vayan a otras ciudades a contaminar (Guglielmetti, 2022).

El ministro de transporte, Guillermo Reyes, manifestó en el mes de octubre de 2022 que el programa de modernización del parque automotor de carga va a buscar apoyo en el fondo del ascenso tecnológico que se constituyó hace varios años y que dispone de recursos para que los vehículos migren a tecnologías más limpias (Guglielmetti, 2022).

Con esta información es posible apreciar que la infraestructura de carga en Colombia está en proceso de robustecerse cada vez más para los vehículos ligeros, sin embargo, para los vehículos de carga es limitado el acceso, teniendo en cuenta que esta variable es muy importante para que ellos puedan ser masificados.

6.2 Modelo financiero

Se simuló un modelo financiero que permitió cuantificar la importancia de las variables que inciden en la viabilidad técnico-económica de los vehículos eléctricos. Para ello se trabajó sobre el costo de ciclo de vida de dos modelos de vehículos: uno que utiliza diésel como combustible y otro que sea 100% eléctrico, ambos con capacidad de carga de 4.5 toneladas. Los datos de costos de adquisición y mantenimientos fueron obtenidos de concesionarios de vehículos que trabajan con estas tecnologías.

De esta manera se crearon algunos escenarios que permitieron analizar las variables más importantes y de mayor peso (costo) y en donde por ejemplo los incentivos, utilizados en otros países pueden apalancar el desarrollo de esta tecnología en Colombia.

El desarrollo de este modelo se realizó tomando de referencia uno hecho en Brunei, con una población de 400.000 personas y en el cual el 99,9% de los vehículos son de combustión interna. En este modelo se compararon vehículos de combustión interna, híbridos y eléctricos, pretendiendo determinar las áreas en que el gobierno debe enfocarse para que en 2025 los vehículos eléctricos constituyan el 1% del parque automotor (Pg Abas et al., 2019). Algunas variables tienen modificaciones y adaptaciones.

A continuación, se presentarán una serie de escenarios en los cuales se analizará como cambia el panorama al modificar algunas variables como: costo de energía, costo de diésel e incentivos.

6.2.1 Escenario 1

Este escenario se desarrolla bajo las condiciones de noviembre de 2023. Se considera un valor de \$9.372 por galón de diésel (CREG, 2023) correspondiente al valor para la ciudad de Medellín. Para la energía se considera un valor de \$1.450 kWh que corresponde al valor que ofrece Terpel en sus estaciones de carga de vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá y que fue consultado mediante la aplicación móvil.

Bajo estas condiciones el $\$/km_{CI}$ se sitúa en \$360 y el $\$/km_{EV}$ en \$654.

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

En la **Tabla 18** es posible observar los valores que arroja este escenario y el costo de ciclo de vida de ambos vehículos.

Tabla 18.

Escenario 1

Tecnología del vehículo		Diésel	Eléctrico
Referencia		CPR 4,5 TON (JX1062TG24)	CONQUER 4,2T EV (JX5043XXYTGE25BEV)
Costo del ciclo de vida - LCC	COP	280.199.632	415.071.675
	% edad LCC	100%	100%
	Comparado con EV, COP	134.872.043	
Costo de adquisición - AC	COP	127.318.100	229.990.000
	% edad LCC	45%	55%
	Comparado con EV	102.671.900	-
Costos operativos - OC	COP	73.187.132	132.710.809
	% edad LCC	26%	32%
	Comparado con EV	59.523.677	0
Costos de mantenimiento - MC	COP	100.424.805	72.430.028
	% edad LCC	36%	17%
	Comparado con EV, COP	(27.994.777)	
Valor de salvamento - SV	COP	(20.730.404)	(20.059.162)
	% edad LCC	-7%	-5%
	Comparado con EV, COP	671.242	0

6.2.2 Escenario 2

Este escenario pone en consideración el aumento del valor del diésel que ha anunciado el actual gobierno como medida para eliminar el Fondo de estabilización de los precios de los combustibles que fue concebido en 2007 para atenuar el impacto de los precios de los combustibles para los colombianos.

El gobierno implementó mecanismos de ahorro y desahorro en función del precio internacional del petróleo. Al principio hubo épocas de superávit debido a la diferencia entre los ingresos de los productores de combustible y los precios de paridad internacionales. Para el año 2021, estos precios de paridad fueron menores a los ingresos de los productores de combustible, debido al aumento de los precios internacionales, el aumento de la tasa de cambio y la consecuente depreciación del peso, con lo que el gobierno debe cubrir esa diferencia mediante un subsidio.

Si bien una alternativa es eliminar el fondo y pagar la deuda, la opción no es viable actualmente debido a la inflación, por lo cual lo más viable es incrementar el precio de la gasolina y es lo que ha venido sucediendo (Mesa et al., 2022).

Por lo tanto, para este escenario (**Tabla 19**), se considera un aumento de \$8000 por galón de diésel (Ávila, 2023) y se mantiene el costo de la energía en \$1450 kWh.

Bajo estas condiciones el $\$/km_{CI}$ se sitúa en \$668 y el $\$/km_{EV}$ en \$654.

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Tabla 19.

Escenario 2

Tecnología del vehículo		Diésel	Eléctrico
Referencia		CPR 4,5 TON (JX1062TG24)	CONQUER 4,2T EV (JX5043XXYTGE25BEV)
Costo del ciclo de vida - LCC	COP	342.672.643	415.071.675
	% edad LCC	100%	100%
	Comparado con EV, COP	72.399.032	
Costo de adquisición - AC	COP	127.318.100	229.990.000
	% edad LCC	37%	55%
	Comparado con EV	102.671.900	-
Costos operativos - OC	COP	135.660.142	132.710.809
	% edad LCC	40%	32%
	Comparado con EV	(2.949.333)	0
Costos de mantenimiento - MC	COP	100.424.805	72.430.028
	% edad LCC	29%	17%
	Comparado con EV, COP	(27.994.777)	
Valor de salvamento - SV	COP	(20.730.404)	(20.059.162)
	% edad LCC	-6%	-5%
	Comparado con EV, COP	671.242	0

6.2.3 Escenario 3

Este escenario (Tabla 20) contempla que el precio del diésel aumente, no lo que espera el gobierno pero que se acerque a punto de medio de negociación de \$13.372 y que el 30% del precio de la energía para las estaciones de carga sea subvencionado por el gobierno quedando con un valor de \$1015 el KWh.

Bajo estas condiciones el $\$/km_{CI}$ se sitúa en \$514 y el $\$/km_{EV}$ en \$458.

Tabla 20.

Escenario 3

Tecnología del vehículo		Diésel	Eléctrico
Referencia		CPR 4,5 TON (JX1062TG24)	CONQUER 4,2T EV (JX5043XXYTGE25BEV)
Costo del ciclo de vida - LCC	COP	311.436.138	375.258.433
	% edad LCC	100%	100%
	Comparado con EV, COP	63.822.295	
Costo de adquisición - AC	COP	127.318.100	229.990.000
	% edad LCC	41%	61%
	Comparado con EV	102.671.900	-
Costos operativos - OC	COP	104.423.637	92.897.566
	% edad LCC	34%	25%
	Comparado con EV	(11.526.071)	0
Costos de mantenimiento - MC	COP	100.424.805	72.430.028
	% edad LCC	32%	19%
	Comparado con EV, COP	(27.994.777)	
Valor de salvamento - SV	COP	(20.730.404)	(20.059.162)
	% edad LCC	-7%	-5%
	Comparado con EV, COP	671.242	0

6.2.4 Escenario 4

Este escenario (Bajo estas condiciones el $\$/km_{CI}$ se sitúa en \$514 y el $\$/km_{EV}$ en \$458.

Tabla 21) considera la opción de que el precio del diésel y de la energía se mantengan en las tarifas del escenario 3 y que gobierno brinde incentivos para la compra de los vehículos eléctricos con un valor del 30%.

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Bajo estas condiciones el $\$/km_{CI}$ se sitúa en \$514 y el $\$/km_{EV}$ en \$458.

Tabla 21.

Escenario 4

Tecnología del vehículo		Diésel	Eléctrico
Referencia		CPR 4,5 TON (JX1062TG24)	CONQUER 4,2T EV (JX5043XXYTGE25BEV)
Costo del ciclo de vida - LCC	COP	311.436.138	346.074.675
	% edad LCC	100%	100%
	Comparado con EV, COP	34.638.538	
Costo de adquisición - AC	COP	127.318.100	160.993.000
	% edad LCC	41%	47%
	Comparado con EV	33.674.900	-
Costos operativos - OC	COP	104.423.637	92.897.566
	% edad LCC	34%	30%
	Comparado con EV	28.287.172	0
Costos de mantenimiento - M/C	COP	100.424.805	72.430.028
	% edad LCC	32%	21%
	Comparado con EV, COP	(27.994.777)	
Valor de salvamento - SV	COP	(20.730.404)	(20.059.162)
	% edad LCC	-7%	-6%
	Comparado con EV, COP	671.242	0

6.2.5 Escenario 5

El último escenario sería el ideal (**Tabla 22**), en el cual el costo del galón de diésel aumenta \$8.000, en el que el costo de la energía es reducido un 30% y el gobierno hace un aporte por el mismo valor al precio de compra del vehículo.

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

Bajo estas condiciones el $\$/km_{CI}$ se sitúa en \$668 y el $\$/km_{EV}$ en \$458.

Tabla 22.

Escenario 5

Tecnología del vehículo		Diésel	Eléctrico
Referencia		CPR 4,5 TON (JX1062TG24)	CONQUER 4,2T EV (JX5043XXYTGE25BEV)
Costo del ciclo de vida - LCC	COP	342.672.643	306.261.433
	% edad LCC	100%	100%
	Comparado con EV, COP	(36.411.210)	
Costo de adquisición - AC	COP	127.318.100	160.993.000
	% edad LCC	37%	53%
	Comparado con EV	33.674.900	-
Costos operativos - OC	COP	135.660.142	92.897.566
	% edad LCC	40%	30%
	Comparado con EV	(42.762.576)	0
Costos de mantenimiento - MC	COP	100.424.805	72.430.028
	% edad LCC	29%	24%
	Comparado con EV, COP	(27.994.777)	
Valor de salvamento - SV	COP	(20.730.404)	(20.059.162)
	% edad LCC	-6%	-7%
	Comparado con EV, COP	671.242	0

Los cálculos fueron realizados en un archivo de Excel, el cual se adjunta en el correo de entrega del trabajo y puede ser consultado en el siguiente enlace: [Análisis financiero – Costo de propiedad Abril 2024](#)

Aunque los costos de mantenimiento de un camión eléctrico sean inferiores a uno de combustión interna, al comparar el costo de ciclo de vida de ambas tecnologías, la primera representa una diferencia de casi \$135 millones.

La desigualdad se genera por los costos operativos, en los cuales la diferencia de combustibles es casi del doble y también por los costos de adquisición (escenario 1), lo cual corresponde a las condiciones de Colombia finalizando el año 2023.

Si bien es probable y se ha anunciado por parte del gobierno un incremento en el costo del diésel, si se diera esta opción que es la que se estudia en el escenario 2, este “desincentivo” (aumento de \$8000 por galón) no sería suficiente para compensar el costo de ciclo de vida de un camión eléctrico.

Aún con el escenario 3 que contempla el aumento del costo del diésel de \$4.000 y con una subvención de energía del 30%, por ejemplo, a través de alianzas público-privadas, los costos operativos de los camiones eléctricos disminuirían, pero no sería suficiente para que el costo de ciclo de vida sea inferior al de un camión de combustión interna.

Es importante resaltar que el incremento del costo del diésel en Colombia es algo que debe ser mediado entre el gobierno y el gremio de los camioneros. Realizar este incremento traería aumentos en todos los productos de nuestra economía incluyendo la canasta familiar, lo que indudablemente aumentaría la inflación.

El panorama podría ser peor si el gremio de los camioneros no llega a una negociación con el gobierno y en cambio se bloquean las vías por las que circulan los productos y mercancías, además de que ellos se quedarían sin los ingresos de su actividad laboral, convirtiéndose también en perjudicados de esta escena. En este caso los pilares sociales y económicos del Valle de Aburrá se verían terriblemente afectados.

Considerando que el incremento del costo del diésel no se diera y el precio de la energía siguiera constante, y adicionalmente el gobierno brindara un incentivo para que los camiones fueran adquiridos con un 30% menos de su valor comercial (escenario 4), el costo de ciclo de vida del vehículo eléctrico empezaría a acercarse al de combustión interna, pero todavía con una diferencia de casi \$35.000.000.

Finalmente, en el caso de que las variables más importantes se modificaran como lo son el aumento esperado del costo del diésel en \$8.000, la disminución del costo de energía en un 30% y un incentivo del 30% del valor del vehículo (escenario 5), se propiciarían las condiciones para que los camiones eléctricos tengan un costo de ciclo de vida inferior al de los camiones de combustión interna y de esta manera serian asequibles.

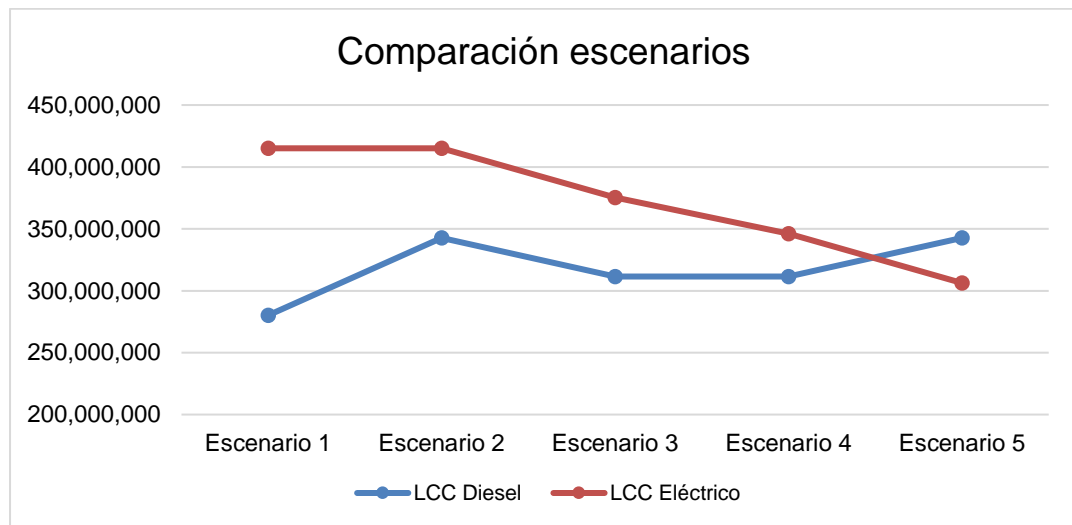
En este escenario se resume lo que otros países han hecho para impulsar la modernización de flotas de camiones.

6.3 Análisis trilogía sostenibilidad

Tal como se puede apreciar en la **Figura 21** los escenarios planteados tienen un impacto en el costo de ciclo de vida de los vehículos de ambas tecnologías.

Figura 21.

Escenarios modelo financiero



Nota. Elaboración propia

Las variables de mayor impacto para estos resultados son:

- Precio del diésel (galón)
- Precio de energía (kWh)
- Incentivos económicos para compra de vehículos eléctricos

Los precios de los combustibles y específicamente el del diésel es un factor que puede perturbar socialmente todo el país, pues el sector de transporte de carga es fundamental en la economía de Colombia. Si bien el gobierno prevé realizar alzas a inicios del año 2024, Henry Cárdenas presidente de Fedetranscarga manifestó que este incremento, sumado al de los peajes, el salario mínimo y el IPC, podrían provocar un aumento de las tarifas de los transportadores de carga en un 40% lo que produciría hiperinflación (Saavedra, 2023).

Adicionalmente, es posible que este gremio haga un paro de actividades, con lo cual habría un impacto directo en la distribución de mercancías y productos básicos (Pulzo, 2023).

No menos importante, la presidenta de la Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera – COLFECAR, indicó que, de los 300.000 vehículos de carga, el 80% pertenece a pequeños propietarios por lo que el golpe sería para las clases populares (Pulzo, 2024), población objeto del estudio.

Desde el punto de vista ambiental y de emisiones, un vehículo eléctrico no las produce en contraparte del modelo diésel del estudio que tiene una clasificación euro IV con sistema ERG (recirculación de Gases de Escape) tal como se aprecia en **Figura 22**.

Este sistema particularmente hace que el motor reduzca la temperatura mediante recirculación de gases de escape, para la reducción del NOx e incorporan un filtro de partículas en el escape (María et al., 2010).

Figura 22.

Especificaciones técnicas camión JMC

Especificaciones	
Motor	
Tipo	JMC 2.8L JX493ZLQ4 Turbo Diesel Intercooler
Cilindraje	2.771 C.C
Número de Cilindros	4 Cilindros en Línea
Potencia	107 Hp @ 3.400 Rpm
Torque Máximo	26,21 Kg-m @ 2.000 Rpm
Sistema de Inyección	Common Rail BOSCH
Nivel de Emisiones	Euro IV con Sistema EGR

Nota. Figura tomada de las especificaciones técnica vehículo estudio

Para el año 2022 el parque automotor del Valle de Aburrá estaba compuesto por 2,212.499 vehículos, de los cuales 132,172 fueron nuevas incorporaciones. El 1,8% equivale a la cantidad de camiones, 38,216 antiguos y 1,813 nuevos. Dado que la mayoría de los camiones funcionan con diésel, ellos hacen el mayor aporte de emisiones generadas por fuentes móviles tal como se puede apreciar en **Tabla 23** (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023). Estos resultados son similares al inventario de fuentes móviles que se realizó en el año 2019, dado que permanecen camiones con una edad superior a 30 años y cuyas tecnologías no hacen un control eficiente de emisiones.

Tabla 23.

Emisiones por categoría vehicular en toneladas

Categoría vehicular	Emisiones (t/año)				
	CO	SOX	PM2.5	NOX	COV
Camiones	373.085,80	5,36	1.281,27	6.514,72	19.078,68
Volquetas	2.320,24	1,08	894,29	1.332,60	286,39
Buses servicio especial	197.594,27	2,08	781,49	2.467,39	10.278,63
Buses	18.869,67	1,47	252,49	1.646,33	1.211,54
Motos 4T	32.384,15	15,04	117,29	1.481,49	3.056,19
Autos	98.687,41	35,21	100,27	2.925,97	2.612,10
Tractocamiones	381,01	0,30	68,42	353,06	59,81
Autos servicio especial	1.873,43	2,12	20,22	267,24	85,94
Taxis	661,07	4,32	2,63	155,01	72,29
Motos 2T	19,17	0,00	0,16	0,01	7,54
Metroplús	82,15	0,01	0,09	9,05	0,41
Total	725.958,37	66,99	3.518,62	17.152,88	36.749,51

Nota. Tabla tomada del Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá Fuentes Móviles, Año 2022

Se puede concluir que: si los vehículos antiguos no se retiran y/o modernizan, los índices de contaminación de las fuentes móviles del Valle de Aburrá continuarán con la misma tendencia a medida que se sigan haciendo las evaluaciones en los años posteriores y vayan ingresando más vehículos al parque automotor.

Otro dato importante para resaltar es que el diésel es el responsable del del 91% de las emisiones de PM2.5 y del 60% de NOx tal como se puede observar en la

Tabla 24. Por lo tanto, la tecnología eléctrica sería una opción interesante para esta reducción.

Tabla 24.

Emisiones contaminantes por combustible en toneladas

Combustible	CO	SOX	PM2.5	NOX	COV
Gasolina	628,407.88	57.89	247.13	6,318.37	34,350.91
Diésel	10,018.08	9.09	3,218.40	10,241.03	1,784.03
GNV	87,532.41	0.01	53.09	593.48	614.58
Total	725,958.37	66.99	3,518.62	17,152.88	36,749.51

Nota. Tabla tomada del Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá Fuentes Móviles, Año 2022

6.4 Propuesta de modernización

6.4.1. Propuesta técnica

A lo largo del desarrollo del trabajo se comprueba que los camiones eléctricos son equiparables con los de combustión interna, tienen condiciones similares de potencia y torque. Se resalta que el desgaste mecánico es menor porque tienen menos piezas y en la misma forma los mantenimientos disminuyen.

Además, han demostrado en un sin número de pruebas de ruta que son aptos para las condiciones geográficas de Medellín, sobre todo las pendientes (A. Moncada comunicación personal, 20 de octubre de 2023).

Las empresas comercializadoras de estos vehículos han aumentado a nivel nacional y de forma importante en el Valle de Aburrá sus volúmenes de ventas, para ello han desarrollado modelos de negocio que brindan a los clientes tranquilidad dentro del ciclo de

vida de los vehículos por medio de: garantías y un servicio postventa adecuado para atender las necesidades que puedan surgir tanto en los mantenimientos como en los repuestos; incluso cuentan con laboratorios en los que se pueden analizar las celdas de las baterías para determinar si hay que hacer cambios de paquetes o de la batería completa (A. Moncada comunicación personal, 20 de octubre de 2023).

Desde el punto de vista de infraestructura de carga, las estaciones han venido aumentando. Las empresas de energía realizan esfuerzos para robustecer la red de carga rápida en diferentes lugares y las marcas de los vehículos también se unen a esta iniciativa.

Sin embargo, cuando no se tiene acceso a estos cargadores, los fabricantes de los vehículos presentan la opción de entregar un cargador portátil que puede ser conectado a un tomacorriente domiciliario para cargar nocturnamente o en caso de una emergencia (A. Moncada comunicación personal, 20 de octubre de 2023).

Adicionalmente, la disposición final de las baterías es un tópico que también se encuentra cubierto en el Valle de Aburrá tal como se mostró en el Estado de Arte.

Se concluye por lo tanto que mantener las condiciones técnicas actuales de Colombia hacen parte de la propuesta de viabilidad técnica de este estudio. Solamente sería necesario unificar el conector de carga a un estándar internacional para homogenizar las instalaciones eléctricas y la efectividad del proceso de carga.

6.4.2. Propuesta económica

Para que sea viable económicamente la modernización de los camiones, se requiere que el costo de propiedad del vehículo eléctrico sea inferior al de su contraparte de combustión interna, hoy hay una gran diferencia en el costo de adquisición de ambas tecnologías. Si bien los costos de mantenimiento de los vehículos eléctricos son inferiores, la diferencia en el precio de los combustibles marca también una gran diferencia.

Una forma de compensar estas diferencias es a través de estímulos. Tal como se puede observar en los referentes internacionales, los gobiernos de varios países destinan fondos

específicos para programas de transición energética. Estos países que han tomado la decisión de aumentar su parque automotor eléctrico son conscientes de que se debe hacer una promoción e inversión fuerte desde el gobierno para promover con leyes, incentivos, financiación e infraestructura de carga este tipo de tecnología.

En Colombia se requiere iniciar por un estudio del panorama actual y luego plantear iniciativas concretas de movilidad de cero y baja emisiones, en las cuales halla involucrado un ascenso tecnológico y la disposición final de los vehículos que en contraparte más contaminan.

Primero que todo es necesario lanzar campañas de concientización de la problemática de la calidad del aire e invitar a los ciudadanos a ser parte de la solución. Para aquellos propietarios objeto del estudio, habría una invitación a hacer la disposición final de su vehículo contaminante y brindarle un incentivo económico por esta actividad (más allá de pagarle solo el peso de la chatarra). Por otro lado, que exista la posibilidad de financiar hasta el 50% del costo del vehículo eléctrico, o que bajo el cumplimiento de ciertos requisitos como: tener máximo 2 vehículos y no venderlos en al menos 5 años, se reciba un estímulo monetario de al menos 30% del costo del vehículo que se hará efectivo en el momento de la compra en el concesionario antes de impuestos.

Claramente el programa debe ir de la mano con robustecer las estaciones de carga a nivel nacional, con lo cual se deben definir montos máximos de financiación dependiendo de la potencia requerida, preferiblemente de al menos el 50% del monto total de la instalación eléctrica incluyendo el cargador. Otra opción sería realizar acuerdos incluyendo al gobierno, a las empresas de energía y las empresas comercializadoras de vehículos tal como hacen algunos países europeos para construir redes de estaciones de carga rápida.

Por último y no menos importante, se requiere que el costo de la energía en las estaciones de carga sea reducido en un 30% con respecto a lo que se encuentra actualmente en el mercado. Sería interesante considerar en Colombia Hub's de carga exclusivos para camiones con esta característica de precio de energía. Las empresas comercializadoras de este bien que promueven estos proyectos de movilidad eléctrica podrían pensar en celebrar contratos con estos pequeños propietarios de camiones.

Desde un punto de vista social y ambiental, los vehículos eléctricos hacen más seguras las condiciones de conducción. Al ser menos ruidosos y emitir menos contaminantes se producirían menos enfermedades; reduciendo los recursos que el gobierno invierte anualmente por atención en salud pública a estas enfermedades.

Algunas empresas privadas que tienen flotas grandes de camiones han iniciado la modernización a vehículos eléctricos, para ellos es económicamente viable realizar este cambio porque sus objetivos de sostenibilidad tienen el mismo peso que los económicos y realizan una apuesta concreta. A diferencia de los usuarios objeto del estudio donde prima el beneficio económico para subsistir.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- En la actualidad en el Valle de Aburrá existen las condiciones técnicas, pero aún no las financieras para que se pueda viabilizar este proyecto. Es importante que Colombia se apoye en los lineamientos de la transición energética y movilidad sostenible que promueven el bienestar de las personas por ambientes menos contaminados cuyo origen son las fuentes móviles, definiendo aspectos claros desde un punto de vista legislativo para la desintegración de los vehículos más contaminantes, la vida útil de ellos para así generar incentivos mayores para los vehículos eléctricos, robusteciendo paralelamente con alianzas público-privadas la red de carga a lo largo de todo el país y no solo en las principales ciudades. Estos factores son comunes en muchos países objeto del estudio.
- Hoy en día Colombia no tiene políticas claras para desintegrar camiones de carga de PBV inferior de 10,5 toneladas. Si bien se ha mencionado algo en el actual Plan Nacional de Desarrollo, no hay acciones concretas.
- Sería interesante tomar de referencia los programas de incentivos para camiones eléctricos desarrollados en otros países revisando las acciones que promueven alternativas para el ascenso tecnológico, acelerando programas de investigación y desarrollo y procurando que los usuarios realicen evaluaciones energéticas y revisen el rendimiento de sus vehículos. Otro ítem que puede resultar positivo es que la inversión privada fomente la industrialización, la construcción de estaciones de carga, y sobre todo mantener los precios de energía bajos, promoviendo también la generación de energía con fuentes renovables.
- Se constata que los incentivos brindados en otros países para la desintegración y compra de nuevos vehículos obedecen a impulsos que los gobiernos brindan para que la economía continúe su crecimiento en épocas de crisis. De hecho, la venta de vehículos nuevos y sus matrículas pueden servir de indicador económico.

- La degradación ambiental tiene altos costos asociados para el país y para el Valle de Aburrá que son traducidos en la atención de enfermedades y muertes atendidas por parte del sistema de salud. Parte del dinero que se utiliza para atender estas personas podría ser utilizado en proyectos como renovación de flotas de camiones para que se mejore la calidad del aire. Por este motivo, algunas ciudades densamente pobladas y que tienen graves problemas de contaminación, promueven los incentivos para los vehículos eléctricos a fin de contrarrestar el impacto en la salud de las personas.
- Desde un punto de vista de legislación ambiental que se enfoca en proteger al usuario para brindar condiciones que permitan un aire limpio que respirar, se han desarrollado normas, de las cuales las últimas recién entran en vigor. Si bien algunas ciudades tienen restricciones de circulación, existe la posibilidad de eliminarlo con un pago, como lo es el caso de Bogotá. Los esfuerzos de Colombia deberían ser mayores y tomar de referencias algunos países que restringen completamente la circulación de los vehículos contaminantes en ciertas zonas y horarios donde se les da mayor importancia a los peatones.
- En varios países las piezas de vehículos que se encuentran en buen estado y que en Colombia se conocen como salvamento después de la desintegración son comercializadas. De hecho, hay muchas empresas que se interesan en adquirir vehículos para desintegrarlos y comercializar piezas y materiales. Esta práctica podría ser regularizada en Colombia para contribuir con el principio de economía circular.
- Los vehículos de combustión interna más antiguos requieren más combustible para su funcionamiento y son menos eficientes que los modelos nuevos por lo que su costo de operación es mayor y sus emisiones también.
- Los vehículos eléctricos tienen menos piezas, por lo que son susceptibles de menos cambios y, por ende, menos mantenimientos con respecto a los de combustión interna, por ello los costos de mantenimiento son inferiores.

- Los vehículos eléctricos producen la mitad de sus emisiones en las etapas de fabricación y disposición final, a diferencia de los de combustión interna que producen el 80% de las emisiones durante su vida útil¹⁶. En el proceso de producción de baterías de los vehículos eléctricos, debe realizarse un proceso extractivo de minerales que pueden involucrar deterioro del medio ambiente, trabajo infantil, corrupción y desplazamiento de pueblos ancestrales. Los gobiernos deben ser auditores con el manejo que se les da a estos procesos, cuidando sus fases, incentivando y educando sobre los beneficios de la electrificación de los vehículos realizada de forma responsable.

La clave para que un vehículo eléctrico disminuya su huella de carbono y sea sostenible, se logra al optimizar los procesos energéticos de su fabricación y disposición, involucrando energías renovables, y creando un diseño adecuado que permita reciclar materiales.

- Los minerales con los cuales se fabrican las baterías de los vehículos son limitados, por lo cual se debe profundizar en el tema de las provisiones para seguir produciendo vehículos eléctricos.
- Es muy importante considerar la matriz energética con la que se produce la electricidad para alimentar los vehículos eléctricos. En caso de que no sea renovable hay un impacto directo durante la etapa de su uso.
- Colombia a través de empresas reconocidas a nivel internacional, lidera la disposición final de las baterías de los vehículos eléctricos. Si bien estas baterías con el paso del tiempo van perdiendo su rendimiento, pueden ser utilizadas en otro tipo de aplicaciones, brindándoles así una segunda vida. Otra opción que se puede estudiar es reparar y/o reciclar parte de sus minerales.

¹⁶ <https://www.dw.com/es/rpm-el-magac%C3%ADn-global-del-autom%C3%B3vil-y-la-movilidad/video-67409735>

- El valor del SOAT y de la Revisión Técnico Mecánica para vehículos con características similares, pero con modelos diferentes de más de 15 años son similares. Se constata que Colombia no tiene amonestaciones ni desincentivos para vehículos antiguos a diferencia de otros países.
- Varios sucesos han hecho aumentar a nivel global la inflación, y con ella, las altas tasas de interés en entidades bancarias, desincentivando las actividades económicas entre ellas la venta de vehículos, algunos de estos sucesos son: La pandemia de COVID 19, la crisis de componentes electrónicos, la disminución en la fabricación de vehículos, la guerra de Rusia y Ucrania y la desestabilización de los mercados energéticos.
- Según los inventarios de emisiones del Valle de Aburrá de los años 2019 y 2022, dado que los camiones funcionan con diésel y que una importante parte de ellos tienen más de 10 años de antigüedad, ellos son los responsables del mayor aporte de emisiones de las fuentes móviles. Si estos vehículos no se retiran y modernizan, las evaluaciones de los años posteriores tendrán resultados similares.

7.2 Recomendaciones

A pesar de que la Universidad me presentó como estudiante del programa ante las empresas desintegradoras de vehículos y se manifestó nuestro interés para obtener más información para el presente trabajo, no fue posible hacer una visita a uno de estos sitios.

Sería importante para futuras oportunidades que la Universidad promueva la colaboración academia - empresa en aras de aumentar la red de contactos para que los estudiantes puedan obtener la información que se requiere para nutrir adecuadamente su trabajo y estas empresas puedan ser parte de los resultados finales de los estudios.

A. Anexo 1: Cotización vehículos JMC

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá



Bogotá D.C 24 de Marzo de 2023

Estimados (as)

Lorena Osorio

Bogotá D.C

En atención a su amable solicitud y en carácter de **JIANGLING MOTORS COLOMBIA S.A.S** representante de la marca **JMC** en Colombia tenemos el agrado de dirigirnos a ustedes con el objeto de ofrecerle de manera formal nuestro portafolio de vehículos comerciales 100% eléctricos.

REFERENCIA	JMC
AÑO MODELO	2023
TIPO	JMC Conquer Chasis 4,2T
VALOR VEHICULO ANTES IMPUESTOS	\$219.038.095
IVA (5%)	\$10.951.905
PRECIO DE VENTA IVA INCLUIDO	\$229.990.000

REFERENCIA	Carrocería Carga Seca
Carrocería Tipo furgón estándar	\$14.580.000
IVA (19%)	\$3.420.000
PRECIO DE VENTA IVA INCLUIDO	\$18.000.000

JIANGLING MOTORS COLOMBIA S.A.S NIT. 901.266.266-2
Sede principal - vitrina y punto de fábrica: Diagonal 16 # 96J - 43. Fontibón - Bogotá Teléfono: (601) 747 0935
Sede Medellín: Calle 27 # 41 - 140 Local Comercial, Itagüí. Teléfono: (604) 322 2562
Sede Cali: Calle 15 # 35 - 20 Acopi - Yumbo. Teléfono: (602) 693 3351
www.jmc.com.co / info@jmc.com.co



Nota: Carrocería tipo furgón estimada, dependiendo de las necesidades del cliente se puede realizar la configuración de la carrocería.

GARANTÍA:

Garantía original de fábrica, Servicio público o particular, lo que primero ocurra es:

- Motor eléctrico, Baterías de potencia: **5 Años y/o 200.000 Kilómetros.**
- Vehículo chasis: **3 Años y/o 100.000 Kilómetros.**

SERVICIO POSVENTA Y REPUESTOS

Ofrecemos nuestra Red de talleres y Almacenes de repuestos directos de fabrica JMC ubicados en las ciudades de Bogotá D.C., Área metropolitana de Medellín y Cali, con capacidad para realizar trabajos especializados a toda la gama de los vehículos JMC combustión y eléctricos.

- **Bogotá D.C:** Diagonal 16 No. 96J – 43.
- **Medellín:** Calle 27 No. 41 – 140 Itagüí, Antioquia.
- **Cali:** Calle 15 No. 35 – 20 Acopi Yumbo, Valle del Cauca.

TEST DRIVE



Puede reservar una prueba operativa de manejo de cada uno de los modelos eléctricos de JMC de su elección.

SURTIDORES Y SOLUCIONES DE CARGA ENERGÉTICA.

Contamos con nuestro aliado estratégico CELSIA en soluciones de energía, surtidores de carga rápida o lenta, infraestructura para nuestros clientes, dependiendo de la necesidad y de la planta física que cuenten actualmente.

MÉTODO DE PAGO.

De contado o, con anticipo inicial del 30% contra presentación orden de compra y el saldo del 70% contra facturación definitiva de las unidades objeto de esta compra antes de matricula.

Si existe exención de impuestos por favor enviamos la resolución y documentación correspondiente.

Los pagos se deben efectuar a cuentas de JIANGLING MOTORS COLOMBIA S.A.S, en pesos colombianos. Los cargos, comisiones y otros derivados de la monetización del dinero en Mesa de dinero de nuestro Banco serán a su cargo. El pago se dará por efectuado, una vez registre el ingreso de los pesos colombianos a nuestra cuenta en Colombia.

Los procesos de matricula serán iniciados por JIANGLING MOTORS COLOMBIA S.A.S, una vez las facturas definitivas de venta hayan sido canceladas en su totalidad a favor de JIANGLING MOTORS COLOMBIA S.A.S

Cordialmente:

German Murcia Ocampo.

Gerente de Producto y Electromovilidad JMC
Teléfono: 6017470935 Ext 104
Celular: 3204808692.
Correo electrónico: gerente_producto@jmc.com.co

JIANGLING MOTORS COLOMBIA S.A.S NIT. 901.266.266-2
Sede principal - vitrina y punto de fábrica: Diagonal 16 # 96J - 43. Fontibón - Bogotá Teléfono: (601) 747 0935
Sede Medellín: Calle 27 # 41 - 140 Local Comercial, Itagüí. Teléfono: (604) 322 2562
Sede Cali: Calle 15 # 35 - 20 Acopi - Yumbo. Teléfono: (602) 693 3351
www.jmc.com.co / info@jmc.com.co

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

2023/10/23 14:15

LUNES 23 DE OCTUBRE DEL 2023

No. 010472-2023

Asesor JUAN DANIEL CARVAJAL ZAPATA
Sala ANDINO MOTORS VITRINA Calle 27 41 - 140
Teléfono 3205617879
Correo juancarvajal@andinomotors.com

JMC

www.jmc.com.co

DATOS DEL CLIENTE		
Nombre/Razón social: Lorena	Celular: 3142441790	
Apellido: Osorio	Correo: lorena.osorio@co.abb.com	
Identificación:	Ciudad: Medellín	
DATOS DEL VEHÍCULO		
Línea: CPR 4.5 T	Color/Color alterno: /	Modelo: 2023
Placa: /	Ciudad:	Servicio:
	Precio:	\$115,990,000
	Descuento:	\$9,000,000
	Precio total vehículo:	\$106,990,000
CABINA SENCILLA/DOBLE LLANTA JMC * 3		
DATOS CARROCERÍA		
Valor Carrocería: 28,000,000		
TOTAL COTIZACIÓN		\$134,990,000

Viabilidad técnica y económica para la chatarrización y modernización de vehículos pesados contaminantes a vehículos eléctricos en el Valle de Aburrá

¡IMPORTANTE!

La cotización no representa que el cliente tenga crédito aprobado por alguna entidad de financiamiento./Los gastos de matrícula, SOAT y accesorios serán a cargo del cliente./La presente cotización tendrá validez hasta el último día hábil del mes de expedición de ésta./Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso/Fotografías de referencia, el modelo disponible en Colombia puede variar en accesorios, colores y/o acabados./La carrocería no hace parte del vehículo, es fabricada y comercializada por un tercero ajeno a Automotores Francia S.A.S. (distribuidor autorizado de JMC en Colombia). Automotores Francia S.A.S. no es una compañía importadora ni comercializadora de carrocerías, por lo tanto, no será responsable por cualquier daño que se pueda ocasionar en el vehículo como consecuencia de la instalación o mal uso de la carrocería. En la ficha técnica se encuentran las especificaciones que deberán ser tenidas en cuenta al momento de comprar la carrocería con el fin de no afectar la garantía del vehículo. Automotores Francia S.A.S. será responsable únicamente por la garantía del vehículo.

¡AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS!

Las políticas de tratamiento de datos personales y el modo de ejercer sus derechos como titular de los datos contenidos en nuestras bases de datos, pueden ser consultados en la página web <https://jmc.com.co/> en la parte inferior en el enlace POLÍTICAS DE PROTECCIÓN DE DATOS.

*La cotización corresponde a un tercero ajeno a JMC Colombia (Automotores Francia S.A.S.).

Bibliografía

- Agencia de Sostenibilidad Energética. (s. f.). *¿Por qué es importante Giro Limpio?* Agencia de Sostenibilidad Energética. Recuperado 10 de septiembre de 2023, de <https://www.girolimpio.cl/>
- Andara, R. (2020). Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos. *TRIM. Tordesillas, revista de investigación multidisciplinaria*, 17, 111-125. <https://doi.org/10.24197/trim.17.2019.111-125>
- ANDEMOS. (2023, abril 1). *Mercado automotor sigue desacelerando en Colombia*. ANDEMOS. <https://www.andemos.org/post/mercado-automotor-sigue-desacelerando-en-colombia>
- Arboleda, G. (2013). *Proyectos, identificación, formulación, evaluación y gerencia* (2.^a ed.). Alfaomega.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2021). *Calidad del aire*. 2021. <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2023). *Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá Fuentes móviles, año 2022*.
- Audisio, M. (2023a, junio 23). *Incentivos a vehículos eléctricos en Perú: AAP responde a la negativa del MEF*. Portal Movilidad. <https://portalmovilidad.com/incentivos-aap-mef-peru/>
- Audisio, M. (2023b, agosto 15). *¿Son necesarios más incentivos para electrificar flotas de transporte de carga en México?* Portal Movilidad. <https://portalmovilidad.com/flota-mexico-incentivos/>
- Auto Recycling World. (2021, agosto 17). *The recyclable value of end of life vehicle components*. Auto Recycling World. <https://autorecyclingworld.com/the-recyclable-value-of-end-of-life-vehicle-components/>
- Autocrash. (2016, septiembre 2). *Conozca la clasificación de los vehículos pesados de pasajeros*. Autocrash. <https://www.revistaautocrash.com/conozca-la-clasificacion-los-vehiculos-pesados-pasajeros/>
- Ávila, C. (2023, octubre 5). *Precio de ACPM aumentaría en febrero del 2024: esto fue lo que dijo el Minhacienda*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/finanzas-personales/precio-de-acpm-aumentaria-en-febrero-del-2024-esto-fue-lo-que-dijo-el-minhacienda-813122>

- Bancoldex. (2018). *Circular No. 022/04/Oct/2018 Línea de Apoyo a la Movilidad Eléctrica 2018*.
https://www.bancoldex.com/sites/default/files/11020_circular_022_oct_2018.pdf
- Batista, M., & Bastos, P. (2023). *El modelo de negocio de Bogotá para la implementación de buses eléctricos*. www.ebus.transformative-mobility.org
- Bavaria Colombia. (2023). *Informe de Sostenibilidad 2022*.
- Bermeo, C. (2021). *Autos eléctricos y su impacto en el medio ambiente y la sociedad*.
- Camara de Comercio de Medellín. (2019). *Perfiles socioeconómicos de las subregiones de Antioquia*.
- Chaves, L. (2020, septiembre 20). *¿Cómo el Gobierno Nacional se encuentra impulsando la Movilidad Eléctrica?* Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=pFYmAHEFpdl&t=2420s>
- Cifuentes, V. (2018, octubre 8). *Hay 61.536 vehículos de carga con más de 20 años que hacen falta renovar*. La República. <https://www.larepublica.co/economia/hay-61-536-vehiculos-de-carga-con-mas-de-20-anos-que-hacen-falta-renovar-2779120>
- Clavijo, S. (2019, febrero 26). *Los acuerdos internacionales y la chatarrización de vehículos*. La República. <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/los-acuerdos-internacionales-y-la-chatarrizacion-de-vehiculos-2833100>
- COLFECAR. (2015). *Tecnología y optimización del sector transporte*.
- Colombia, P. de la R. de. (2016). *Decreto Único Reglamentario en materia tributaria*. Decreto 1625 de 2016.
- Connaissances des énergies. (2022). *La Chine supprimera les subventions aux véhicules électriques et hybrides fin 2022*. Enero .
<https://www.connaissancedesenergies.org/afp/la-chine-supprimera-les-subventions-aux-vehicules-electriques-et-hybrides-fin-2022-220101?sstc=u7119nl128824>
- CREG. (2023, noviembre 3). *Circular No. 084 de 2023*. CREG.
https://creg.gov.co/public_html/info/creg/media/tmp/pdf10733.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Documento CONPES 3943. Política para el mejoramiento de la calidad del aire*.
- El Colombiano. (2022, octubre 15). *Contratista de chatarrización vehicular en Medellín dice que demandará al concejal Daniel Duque*. El Colombiano.
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/corrupcion-en-chatarrizacion-de-vehiculos-en-medellin-MH18866280>

- Enel. (2021, agosto 19). *Nueva electrolinera de Enel X en Unicentro se convierte en la más grande y rápida en un centro comercial*. Enel. <https://www.enel.com.co/es/prensa/news/d202108-nueva-electrolinera-de-enel-x-en-unicentro.html>
- Enel X. (2022, abril 28). *Conoce los patios eléctricos para recarga de eBuses en Bogotá*. Enel X. <https://www.enelx.com/co/es/historias/conoce-los-patios-para-ebuses-en-bogota>
- FREVUE | Freight Electric Vehicles in Urban Europe*. (2020, octubre). <https://frevue.eu/>
- Frías Marín, P., & Perales, C. de M. (2019). *Aspectos medioambientales del vehículo eléctrico*.
- Gamboa, S. (2017). *Disponibilidad a Pagar por Vehículos Particulares con Emisiones Bajas en Carbono en Bogotá*.
- García, M. (2015). *Pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos*.
- Gobernación de Antioquia. (2023). *Impuesto Vehicular*. Gobernación de Antioquia. <https://www.vehiculosantioquia.com.co/impuestosWeb/rediseño/informativa/normatividad.jsp>
- González, P. (2019). *Principios básicos del vehículo eléctrico*.
- Gouvernement de France. (2021, octubre 25). *Construire la France de demain*. Gouvernement de France. <https://www.gouvernement.fr/les-priorites/france-relance>
- Gouvernement de France. (2023, enero 30). *Prime à la conversion, bonus écologique : toutes les aides en faveur de l'acquisition de véhicules propres*. Gouvernement de France. <https://www.ecologie.gouv.fr/prime-conversion-bonus-ecologique-toutes-aides-en-faveur-lacquisition-vehicules-propres>
- Government UK. (s. f.). *Low-emission vehicles eligible for a plug-in grant*. Low-emission vehicles eligible for a plug-in grant. Recuperado 14 de octubre de 2023, de <https://www.gov.uk/plug-in-vehicle-grants/trucks>
- Grupo Bimbo. (2023). *Informe Anual 2022*. https://d2rwhogv2mrkk6.cloudfront.net/s3fs-public/reportes-2023/GB-INFORME%20ANUAL_30.pdf?VersionId=UlcMDAbTy7cTRgQm9NljKtM7VrJ8qNvF
- Guglielmetti, F. (2022, octubre 5). *Reyes: "Ciudades con iniciativas sin vehículos eléctricos no tendrán nuestro visto favorable"*. Portal Movilidad. <https://portalmovilidad.com/reyes-ciudades-con-iniciativas-sin-vehiculos-electricos-no-tendran-nuestro-visto-favorable/>

- Hernández, C. E., Rengifo Jaramillo, A. F., Bocarejo, J. P., Wilmsmeier, G., Martínez Tello, G. A., & Cubillos Jaime, C. F. (2023). *Incentivos para la adopción de tecnologías de cero emisiones alrededor del mundo*.
https://girozero.uniandes.edu.co/system/files/2023-03/docs/Incentive_Schemes.pdf
- IDAE. (2019). *Plan MOVES. Incentivos a la Movilidad Eficiente y Sostenible*.
<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/convocatorias-cerradas/plan-moves-incentivos-la>
- IDAE. (2020). *Plan MOVES II*. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/plan-moves-ii>
- IDAE. (2021). *Programa MOVES III*. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii>
- IDAE - Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía. (s. f.). *Vehículos elegibles programa MOVES*. Recuperado 26 de marzo de 2022, de <https://coches.idae.es/base-datos/vehiculos-elegibles-programa-MOVES-I>
- infobae. (2023, enero 20). *Colombia tiene más vehículos eléctricos, pero está lejos de la meta de transición*. infobae.
<https://www.infobae.com/colombia/2023/01/20/colombia-tiene-mas-vehiculos-electricos-pero-esta-lejos-para-la-meta-de-la-transicion/>
- Je roule en électrique. (s. f.). *Découvrez les aides pour votre voiture électrique*. Je roule en électrique. Recuperado 10 de septiembre de 2023, de <https://www.je-roule-en-electrique.fr/decouvrez-les-aides-pour-votre-voiture-electrique-13>
- Madera, J. (2020). *Escenarios para el cambio de vehículos con motor de combustión interna a vehículos eléctricos en el transporte de carga en Colombia*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77132#.X5NCvM1Oxz0.mendeley>
- María, J., Martínez, L., Antonio, J., Sánchez, G., Javier, F., & Alejo, S. (2010). *Análisis comparativo de ciclo de vida de autobuses urbanos Euro 4 con sistema de postratamiento de gases de escape*.
- Marin, G., & Zoboli, R. (2020). Effectiveness of car scrappage schemes: Counterfactual-based evidence on the Italian experience. *Economics of Transportation*, 21.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOTRA.2019.100150>
- Martínez-Ángel, J. D. (2018). Movilidad motorizada, impacto ambiental, alternativas y perspectivas futuras: consideraciones para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista de Salud Pública*, 20(1), 126-131.
<https://doi.org/10.15446/rsap.V20n1.57038>

- Medellín Herald. (2019). *Electric trucks Renting Colombia and Auteco*. Medellín Herald. <https://www.medellinherald.com/antioquia/mmn/item/700-electric-trucks-renting-colombia-and-auteco-march-2019>
- Mesa, V., David, U., López, O., Álvaro, A. :, & Rendon, A. H. (2022). *Efecto inflacionario a corto plazo de la variación en los precios de la gasolina corriente y ACPM como consecuencia de la mitigación del déficit del Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles (FEPC)*.
- Ministère de la Transition Énergétique. (s. f.). *Vous souhaitez acquérir un véhicule lourd ou un petit train routier touristique*. Ministère de la Transition Énergétique. Recuperado 10 de septiembre de 2023, de <https://www.primealaconversion.gouv.fr/dboneco/accueil/accueilVehiculesLourd.html>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Guía ambiental para el tratamiento de vehículos al final de su vida útil o desintegración vehicular*.
- Ministerio de Energía de Chile. (s. f.). *Estado y Electromovilidad*. Ministerio de Energía de Chile. Recuperado 10 de septiembre de 2023, de <https://energia.gob.cl/electromovilidad/estado-y-electromovilidad>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2020). *Decreto 221 de 2020*.
- Ministerio de Minas y Energía, & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (s. f.). *Invierta y Gane con Energía Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014*.
- Ministerio de Transporte. (s. f.). *¿CUÁNDO DEBO HACER LA REVISIÓN TÉCNICO-MECÁNICA Y DE GASES? RUNT*. Recuperado 20 de octubre de 2023, de <https://www.runt.com.co/node/2908#:~:text=Se%20debe%20tener%20en%20cuenta,luego%20debe%20realizarse%20cada%20a%C3%B1o>.
- Ministerio de Transporte. (2004). *Resolución 004100 de 2004*.
- Ministerio de Transporte. (2019a). *Decreto 1120 de 2019*. [https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 1120 DEL 26 DE JUNIO DE 2019.pdf](https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201120%20DEL%2026%20DE%20JUNIO%20DE%202019.pdf)
- Ministerio de Transporte. (2019b). *Mercado y Tecnologías Vehiculares en el Transporte de Carga*.
- Ministerio de Transporte. (2019c). *Resolución No. 5304 del 24-10-2019*.
- Ministerio de Transporte. (2022). *Transporte en cifras 2021. Anuario Nacional de Transporte*.

- Ocampo, D. (2019). *Determinación de los costos de operación de vehículos eléctricos en el transporte como estrategia de movilidad sostenible. Caso de estudio Manizales.*
- Ocampo, V. (2017). *Estado del Arte de los Vehículos Eléctricos y su Posible Implementación en Colombia.* www.utp.edu.co
- OECD. (2016). *Car purchase tax: green tax reform in Israel 2016.*
- Pg Abas, A. E., Yong, J., Mahlia, T. M. I., & Hannan, M. A. (2019). Techno-economic analysis and environmental impact of electric vehicle. *IEEE Access*, 7, 98565-98578. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2929530>
- Pineda, B. E., Muñoz, C. H., & Gil, H. (2018). Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el Valle de Aburrá: una revisión. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo.* <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/10403>
- Planas, M. A., & Cárdenas, J. (2019, marzo 26). *La matriz energética de Colombia se renueva.* BID. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/#comments>
- Portal Movilidad. (2022, septiembre 28). *China extiende subsidios para compra de vehículos eléctricos hasta fines de 2023.* Portal Movilidad. <https://portalmovilidad.com/china-extiende-subsidios-para-compra-de-vehiculos-electricos-hasta-fines-de-2023/>
- Pulzo. (2023, diciembre 17). *Cómo funciona el ACPM y qué impactos tendrá al bolsillo su inminente alza en Colombia.* Pulzo. <https://www.pulzo.com/economia/que-es-acpm-como-funciona-colombia-e-impactos-su-alza-precio-PP3324037A>
- Pulzo. (2024, enero 5). *Aumento del diésel en Colombia no se descarta, según minhacienda: "Preocupación mayor".* Pulzo. <https://www.pulzo.com/economia/diesel-colombia-podria-subir-2024-300000-camioneros-estan-alerta-PP3361458>
- Quak, H., Nesterova, N., & Van Rooijen, T. (2016). Possibilities and Barriers for Using Electric-powered Vehicles in City Logistics Practice. *Transportation Research Procedia*, 12, 157-169. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.055>
- Registro Unico Nacional de Tránsito. (2022, enero). *Parque Automotor Registrado en RUNT.* https://www.runt.com.co/runt-en-cifras/parque-automotor?field_fecha_de_la_norma_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2022.
- Renting Colombia. (2022, febrero 10). *Aprende a usar una estación de carga eléctrica en 5 pasos.* Renting Colombia. <https://www.rentingcolombia.com/blog/aprende-a-usar-tu-estacion-de-carga-electrica#!>

- Reyes Acosta, D. C. (2022). EVs Are Not the Answer: A Mobility Justice Critique of Electric Vehicle Transitions. *Revista Neuronum*, 8(2), 43-46. <https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1744422>
- Saavedra, F. (2023, noviembre 9). *Aumento del diesel en Colombia: ministro de Hacienda aseguró que los camioneros lo quieren chantajear y conductores aseguran que los precios se van a disparar*. Infobae. <https://www.infobae.com/colombia/2023/11/09/por-presiones-del-gremio-camionero-en-la-negociacion-del-acpm-el-ministro-de-hacienda-asegura-que-no-aceptara-chantajos/>
- Santa, L., & Gil, J. A. (2019). *Análisis del manejo ambiental sostenible de la movilidad en Medellín 2014-2018*.
- Santiago. (2018, diciembre 18). *¿Sabes la diferencia entre ACPM, gasolina corriente y gasolina extra?* DISPETROCOM. <https://dispetrocom.com/sabes-la-diferencia-entre-acpm-gasolina-corriente-y-gasolina-extra/>
- Secretaría de Movilidad de Bogotá. (s. f.). *Pico y Placa Solidario*. Pico y Placa Solidario. Recuperado 14 de octubre de 2023, de <https://picoyplacasolidario.movilidadbogota.gov.co/PortalCiudadano/#/>
- Sellmax. (s. f.). *Vehicle recycling: An eco-friendly alternative*. Sellmax. Recuperado 20 de septiembre de 2023, de <https://sellmax.com/car-recycling/>
- Superintendencia de Transporte. (s. f.). *Tarifas CDA Colombia*. Superintendencia Financiera. Recuperado 22 de septiembre de 2023, de http://aplicaciones.supertransporte.gov.co/OrganismosApoyo/Tarifas_CDA_Busqueda_Usuario/
- Superintendencia Financiera. (2023, enero 12). *Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito*. Superintendencia Financiera.
- Taborelli, M. (2023, abril 19). *Energía reactiva capacitiva: un problema de carga presente en tarifas y que Colombia penaliza*. Portal Movilidad. <https://portalmovilidad.com/energia-reactiva-capacitiva-colombia/>
- The Economic Times. (2022, marzo 7). *How and when to scrap your car*. The Economic Times. <https://economictimes.indiatimes.com/wealth/plan/how-and-when-to-scrap-your-car/when-cars-permissible-working-period-is-up/slideshow/90047736.cms>
- Torres-Pamplona, M., Jaramillo-Duque, A., & Ortiz-Castrillón, J. (2021). Vehículos Eléctricos Versus Convencionales en Colombia: Un Análisis Financiero Comparando Los Costos Totales de Propiedad. *Revista Innovación y Desarrollo Sostenible*, 1(2), 36-45. <https://doi.org/10.47185/27113760.v1n2.26>

- Transmilenio. (2023, mayo 19). *Tras renovación histórica de TransMilenio con buses eléctricos Bogotá gana premio a la Eficiencia Energética*.
<https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/153495/tras-renovacion-historica-de-transmilenio-con-buses-electricos-bogota-gana-premio-a-la-eficiencia-energetica/>
- Umaña, L. (2014). *¡Urge implementar la vida útil de vehículos de carga!* Fasecolda.
https://revista.fasecolda.com/index.php/revfasecolda/issue/view/7/fasecolda_157
- Unidas, N. (2018). *Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de América Latina y el Caribe*. 368.
- Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Estudio de transporte de carga en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá*.
- Universidad Pontificia Bolivariana, & Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2015). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2013*.
https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario_FuentesM%C3%B3viles2016.pdf
- Weldon, P., Morrissey, P., & O'Mahony, M. (2018). Long-term cost of ownership comparative analysis between electric vehicles and internal combustion engine vehicles. *Sustainable Cities and Society*, 39, 578-591.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.024>
- XM. (s. f.). *Mercados*. XM. Recuperado 1 de noviembre de 2023, de
<https://www.xm.com.co/consumo/mercados>
- XM. (2024). *Generación Real del SIN*.
<https://sinergox.xm.com.co/oferta/Paginas/Informes/GeneracionSIN.aspx>