

**Transición energética en el contexto mundial y nacional hacia los vehículos
eléctricos: un estado del arte**

DIANA MARCELA NEUTA MARÍN

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2021

**Transición energética en el contexto mundial y nacional hacia los vehículos
eléctricos: un estado del arte**

DIANA MARCELA NEUTA MARÍN

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Ingeniera
Ambiental

Directora
María Angélica Cardozo Cerquera
Administradora Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2021

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Dedico este logro a quienes han sido mi fuerza y me han permitido llegar al final de este proceso, a mis hijos Gabriel y Alisson, y a mi esposo Jonathan por ser luz en los momentos más difíciles, por su paciencia y amor incondicional.

Al universo por permitirme estar aquí con la satisfacción del deber cumplido para continuar trabajando en busca de lograr mis sueños.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa de aprendizaje, con la cual he podido crecer académica y profesionalmente bajo sus bendiciones y fortaleza.

Agradezco especialmente a mis hijos y a mi esposo, que siempre estuvieron ahí para apoyarme y ser mi fuerza.

A mis padres y hermana, que estuvieron presentes en este trayecto dándome aliento y que serán siempre parte esencial de mi existir.

Mis sinceros agradecimientos a mi directora de proyecto la docente y Administradora ambiental María Angélica Cardozo Cerquera por su acompañamiento y paciencia, al docente e Ingeniero químico Luis Alejandro Duarte Rodríguez por su asesoría y ser el líder de la investigación en este proceso.

Resumen

En el presente trabajo se plantea el propósito de realizar la elaboración de un estado del arte que permita evidenciar la transición energética que se está llevando a cabo desde hace algunos años a nivel nacional y mundial en los sistemas de transporte tanto público como particular. Su enfoque fundamental está dirigido a mostrar el papel que desempeñan los vehículos eléctricos (EV) en este cambio, sus mayores implicaciones en términos técnicos, ambientales, sociales y de política pública, así como su incidencia frente a la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son generados por la quema de combustibles fósiles como Diesel, Gasolina, Gas Natural, entre otros, utilizados por los sistemas convencionales de transporte y que realizan un aporte significativo de CO₂ contribuyendo así al calentamiento global. El objetivo principal es hacer una revisión del estado de las investigaciones acerca de la implementación de los EV como la base de los sistemas eléctricos de movilidad. Con esta investigación se pretende establecer en un esquema de revisión y análisis una ruta teórica y metodológica que permita aportar a la discusión actual sobre la forma en que dicha implementación pueda desarrollarse en ciudades colombianas en el marco del cumplimiento de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica formulada por el Estado colombiano.

Palabras clave: vehículos eléctricos, energías renovables, transición energética, movilidad eléctrica, puntos de carga.

Abstract

In the present work, the purpose of developing a state of the art is proposed that allows to demonstrate the energy transition that has been taking place for some years at a national and global level in both public and private transport systems. Its fundamental approach is aimed at showing the role that electric vehicles (EV) play in this change, its major implications in technical, environmental, social and public policy terms, as well as its impact on the reduction of Greenhouse Gases (GHG) that are generated by the burning of fossil fuels such as Diesel, Gasoline, Natural Gas, among others, used by conventional transportation systems and that make a significant contribution of CO₂, thus contributing to global warming. The main objective is to review the state of research on the implementation of EVs as the basis of electric mobility systems. This research aims to establish in a review and analysis scheme a theoretical and methodological route that allows contributing to the current discussion on the way in which said implementation can be developed in Colombian cities within the framework of compliance with the National Strategy for Electric Mobility formulated by the Colombian State.

Keywords: electric vehicles, renewable energy, energy transition, electric mobility, charging points.

Contenido

| | |
|------------------------------------|----|
| Introducción | 13 |
| Capítulo I | 16 |
| Generalidades | 16 |
| Contexto del problema | 21 |
| Problema | 38 |
| Hipótesis de Investigación | 41 |
| Hipótesis 1. | 41 |
| Hipótesis 2. | 42 |
| Hipótesis 3. | 42 |
| Sistematización del Problema | 42 |
| Objetivos | 45 |
| Objetivo General. | 45 |
| Objetivos Específicos. | 45 |
| Justificación..... | 45 |
| Capítulo II | 49 |
| Marco Conceptual | 49 |
| Energías renovables | 49 |
| Transición energética | 51 |
| Vehículos eléctricos (EV) | 52 |

| | |
|--|-----|
| Sistema de carga | 54 |
| Baterías..... | 55 |
| Marco Teórico | 57 |
| El Sistema de Carga: El Reto Principal del Modelo Europeo..... | 64 |
| La Definición de una Política Regional: una deuda del Modelo Latinoamericano | 85 |
| Implementación del Vehículo Eléctrico en Colombia: el Desafío de su Innovación Y Desarrollo..... | 100 |
| Conclusiones y recomendaciones | 112 |
| Referencias | 116 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Parámetros característicos asociados a los diferentes niveles de velocidad de recarga. | 23 |
| Tabla 2. Incentivos para la adquisición de EV países de la Unión Europea. | 25 |
| Tabla 3. Ayudas anuales al comprador de EV. | 32 |
| Tabla 4. Relación del parque automotor por habitante en la región. | 34 |
| Tabla 5. Evolución de la densidad energética y otros parámetros en distintos tipos de baterías. | 71 |
| Tabla 6. Países de ALC con mayores reservas probadas de petróleo (millones de barriles). | 86 |
| Tabla 7. Comparación de precio de venta (no incluye impuesto) entre EVs y ICEVs. | 93 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Propuesta de Creación de tarifa Súper Valle en España. | 25 |
| Figura 2. Puntos de recarga en Alemania. | 31 |
| Figura 3. Puntos de carga en Colombia. | 36 |
| Figura 4: Matriz de la oferta de energía primaria, 2015 (en %). | 39 |
| Figura 5. GEI por sectores, ALC, 2014 (2014). | 40 |
| Figura 6. Modelo de taxis implementados en la ciudad de Montevideo. | 43 |
| Figura 7. Generación de energías renovables excluyendo hidroelectricidad por región, 2015 (TWh) | 46 |
| Figura 8. Principales fuentes de emisión de PM2 en ciudades de Colombia. | 48 |
| Figura 9. Proyección de ventas de automóviles en Colombia. | 61 |
| Figura 10. Vehículo totalmente eléctrico (Dreamstime). | 63 |
| Figura 11. Relación entre formas de movilidad e impactos generados y demostración de la ocupación del espacio público por parte de los distintos modos de transporte. | 65 |
| Figura 12. Número de vehículos particulares eléctricos matriculados en Europa en 2015. | 67 |
| Figura 13. Panorama de los puntos de recarga para vehículo eléctrico de uso público en Europa. | 69 |
| Figura 14. Evolución de la potencia durante la recarga parcial de un Peugeot iOn. | 70 |
| Figura 15. Three technology disruptions and the Six Zero's | 77 |
| Figura 16. Yearly global EV sale. | 79 |
| Figura 17. Conectores de recarga de vehículo eléctrico. | 82 |
| Figura 18. Mayores emisiones de GEI, 2014 (MtCO ₂ e). | 87 |

| | |
|--|-----|
| Figura 19. Modelo de automóvil eléctrico. | 91 |
| Figura 20. Ventas de vehículos livianos mensual proyección 2025. | 96 |
| Figura 21. Vista posterior del diseño del prototipo EV. | 99 |
| Figura 22. Ruta Medellín - Santa fe de Antioquia. | 107 |
| Figura 23. Clase de los vehículos de servicio particular año 2011. | 109 |
| Figura 24. Consumo de energía eléctrica Bogotá D.C, 2002-2012 (Gwh). | 110 |

Introducción

La conversión de los sistemas energéticos dependientes de la minería y de los combustibles fósiles deben ser reemplazados con prontitud. Los niveles de GEI (Gases de Efecto Invernadero) que están inundando en este momento el planeta provienen en un amplio porcentaje del sector del transporte, es por eso por lo que muchas de las miradas críticas frente a este fenómeno en la actualidad están dirigidas hacia el transporte y sobre todo al transporte de carga y particular. Para lograrlo, se han desarrollado en las dos últimas décadas procesos de readopción del EV (Vehículo Eléctrico, por sus siglas en inglés), modelo que fue utilizado en los inicios de la era automotriz, pero que se desestimó rápidamente debido a las ventajas de los vehículos de combustión interna (CI).

En la presente investigación, se va a desarrollar como parte introductoria del estudio, una contextualización general de la problemática de investigación acerca de los antecedentes principales que tienen los estudios de movilidad eléctrica, no sólo en la región, sino también el modelo de otras naciones que han incidido con relativo éxito en la economía de los EV. Posterior a esto, se formula el problema de investigación en el cual puede reconocerse una tendencia a encontrar cuáles son las estrategias más eficientes en la transición energética que se debe dar entre un sistema de transporte y otro.

Seguido a esto, se formulan una serie de hipótesis que están dirigidas a comprender la relación que existe entre los GEI, el transporte de combustión interna y el Cambio climático. La segunda hipótesis indaga alrededor de la implementación de políticas públicas y el afianzamiento o desarrollo del sector y, por último, la tercera

hipótesis busca establecer de una forma clara la relación que existe entre la adecuación de puntos de recarga tanto públicos como privados, y el éxito en la implementación de la industria del transporte eléctrico.

Es así como se plantea una serie de objetivos que permita conocer mucho más cuál es el estado actual de las investigaciones que vinculan a los EV, al igual que la identificación de las estrategias que le han permitido a las superpotencias y a las naciones europeas alcanzar un alto grado de desarrollo tecnológico con relación al transporte eléctrico, para una adaptación de estas propuestas de acuerdo con el contexto de los países latinoamericanos que han mostrado interés en esta industria, como es el caso de Colombia con los objetivos del “Acuerdo de París 2030” que busca reducir la cantidad de Mt2e de GEI a la atmósfera, y cumplir con los “Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)” que definió la Organización de Naciones Unidas (ONU) para el tercer milenio.

En la segunda parte del trabajo, se conceptualizan una serie de nociones fundamentales para comprender la base teórica en la que se desenvuelven los estudios académicos que tiene como tema u objetivo, el transporte eléctrico sea masivo o particular. Luego de esto se hace una revisión en profundidad de las características principales que tienen los sistemas de implementación y movilidad eléctrica en distintas regiones del mundo. Se identifican tres principalmente para objeto de este trabajo: el modelo europeo, tal vez el más eficiente y organizado, y dos modelos que tratan de emerger bajo las condiciones, principalmente de rezago tecnológico, en la que se encuentran la mayoría de los países de América Latina, además de su casi nociva adicción por los combustibles fósiles de los cuales la región cuenta con una importante

cantidad de reservas. Por último, se finaliza el estudio mostrando los avances del caso colombiano con relación a la implementación del transporte eléctrico, mostrando que tal vez una de las mayores dificultades con las cuales se enfrenta el deseo de tener un sistema de transporte limpio y libre de GEI sea el valor final del EV vinculado, sobre todo pero no únicamente, al alto costo de fabricación de la batería de iones de Litio que es la que mayormente se usa en la fabricación y ensamble de los EV.

Capítulo I

Generalidades

La implementación de los vehículos eléctricos demanda un alto impacto en la cultura organizacional de una región (Ríos, 2017), mucho más si se trata de un estado o de una nación, debido a los cambios en las prácticas del uso de las vías y a las nuevas estrategias de movilidad. En Colombia esta implementación parece más lejos de darse que en otros países de Latinoamérica, región en la que México, Brasil y Chile toman una distancia significativa debido al desarrollo de políticas públicas que incentivan la utilización de este tipo de vehículos.

Como parte de la tarea de entender cuáles son los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar este complejo proceso de implementación de los EV, el presente estudio monográfico pretende desarrollar una mirada analítica en torno al estado actual de las investigaciones sobre las experiencias exitosas que han permitido que en otros países, sobre todo de Europa (Sáenz, 2015), se avance a pasos agigantados en el desarrollo y sustento de esta industria, logrando indicadores de uso de este tipo de vehículos cada vez más llamativos, pero sobre todo, convirtiéndolos en parte de las tareas gubernamentales e incluyéndolos en los planes de desarrollo y de mitigación de los efectos del Calentamiento Global producido en buena medida por la liberación de los GEI que liberan los vehículos que utilizan los motores de gasolina.

La dependencia del petróleo y del carbón en la industria del transporte tras el dominio en el mercado por parte de los vehículos con motores a base de combustibles fósiles, ha generado un rezago muy evidente en la industria de los automóviles

eléctricos sobre todo en el transporte particular y mucho más aún en los países en vías de desarrollo, grupo al que pertenecen en su mayoría los países de América Latina.

La ausencia de políticas públicas que faciliten el desarrollo de la industria del vehículo eléctrico, además de la dependencia del petróleo en varias de las economías más importantes de la región (Brasil, Venezuela, Colombia, Argentina y Bolivia), hacen que esta tecnología sea sumamente costosa para la mayoría de los ciudadanos (BID, 2016), por lo que el porcentaje de incidencia de los vehículos eléctricos dentro de la industria general del transporte es sumamente bajo.

En efecto, hay trabajos de investigación como el de Hermana (2018) que consideran también fundamental el apoyo tanto del Estado como de las empresas privadas, mientras que en la región de América Latina no se caracteriza por sus innovaciones y desarrollo de tecnología, todo lo contrario, está al final de la cadena de producción y de consumo, por lo que en muchos escenarios, probablemente los más pesimistas, el papel de esta región sea el del espectador impávido que se resigna a que otras naciones logren diseñar la solución para los problemas que plantea la implementación de los vehículos particulares eléctricos con relación a sus costos de fabricación, la materia prima, sus suministros y repuestos, y uno de los puntos más importantes que emergen en casi todas los proyectos de investigación desarrollados alrededor del tema: los sistemas de carga, sin los cuales se haría imposible que se logre afianzar este producto como un bien de consumo en la economía de una nación.

Este escenario es el que define cuál va a ser el papel de Colombia como nación frente a la problemática que propone la implementación de vehículos eléctricos (Ríos, 2017). Sin contar con unas políticas públicas fuertes y de la mano de una disminuida y

frágil industria de producción automotriz, está a la espera de los avances que se puedan lograr en otras naciones, países o empresas multinacionales, para importar dicha tecnología a precios definitivamente costosísimos, encareciendo el EV como producto en la cadena de mercado.

Más allá de una visión crítica sobre el papel de la Ciencia y la Tecnología y su ínfima incidencia en el Producto Interno Bruto (PBI) del año 2020 para el proyecto de nación en Colombia, es importante comprender que esta tecnología continúa su avance en otras partes del mundo con un ritmo bastante promisorio, con base en este se puede augurar que la economía de los vehículos eléctricos en el mundo en unos años será más favorable que la de los vehículos que utilizan los combustibles fósiles. En esto intervienen factores externos, como lo es la escasez y bajo precio del petróleo producido en el mundo, tal vez la principal fuente de donde se obtiene la gasolina, el Diesel o el Gas Natural que son los combustibles mayoritariamente usados con la intención de poner en funcionamiento su motor (Roger, 2018). Al ser la energía eléctrica la principal fuente que alimenta el motor eléctrico se espera que haya una reducción significativa de los niveles de GEI liberados a la atmósfera, así como de las facilidades con los que pueda operar el vehículo eléctrico en las calles latinoamericanas.

Con base en lo anterior, se tiene que la idea general del presente trabajo de investigación es analizar y sistematizar un grupo significativo de proyectos de investigación con relación a los EV que permita consolidar, no sólo un corpus teórico, sino una serie de herramientas metodológicas que faciliten la comprensión de las dinámicas de este sector dentro de la industria en la economía colombiana en la perspectiva de que se pueda masificar, en un período de tiempo real pero cercano, su

uso como una estrategia para lograr abaratar costos de transporte colectivo, de carga y particular, a la vez que se propenda por una transición justa de una forma de energía dependiente del combustible fósil, a energías más limpias y amigables con el medio ambiente.

Para cumplir este objetivo se ha seleccionado un material bibliográfico que permita el análisis de las experiencias exitosas en distintas regiones donde destacan sobre todo el avance de las naciones europeas, asiáticas y norteamericanas, que han sido pioneras en términos de la búsqueda de mecanismos sostenibles para modificar los usos de transporte que tienen las personas en diferentes lugares del mundo. De manera inicial, es posible mencionar algunos de los aspectos que intervienen en dicho propósito.

En primer lugar, se debe hablar de que en los países en los que ya ha iniciado este proceso y se ha avanzado de forma ciertamente satisfactoria, se incluye un fuerte componente regulatorio en las políticas públicas presentes en investigaciones como las de Guzmán (2011) que favorecen el posicionamiento del sector a partir de la eliminación de Impuestos de Valor Agregado (IVA) o reducción en el costo final del EV en el caso de los vehículos particulares. En el caso de los sistemas públicos de transporte se incentiva la construcción de metros y de tranvías cuyo funcionamiento depende de las redes eléctricas.

En un segundo momento, se consideran las estrategias que permiten la competitividad del EV frente a los vehículos convencionales. Es así como se han planteado beneficios para las flotas que aseguren el transporte de carga, como lo señala por ejemplo el estudio de Hermana (2018) donde se analiza el transporte de

mercancías utilizando únicamente EV por lo que se consideran aspectos económicos y de mercado favorables para el desarrollo de la naciente industria en los países en los que se inicia este proceso de implementación de vehículos que incluyan sistemas de carga eléctricos. Se incluyen también avances significativos en el desarrollo de nuevas tecnologías, tales como las identificadas por Edwards, Viscidi y Mojica (2018) para que permitan que los EV tengan dos condiciones que se consideran fundamentales para su implementación: los sistemas de carga rápida, principalmente públicos que comienzan a aparecer en las principales ciudades europeas, al igual que la materia prima que se utiliza en la fabricación de motor, en la cual ya se ha visto un descenso del costo de las baterías de iones de litio, indispensables para su funcionamiento, pasando de cifras superiores a los mil dólares, hasta precios más asequibles, en algunos casos una cifra no mayor de trescientos dólares por kilo, con esta reducción de los costos de la materia prima con que se fabrica la batería se prevé que disminuya la producción del EV.

Por último, pero no menos importante, es el tema de la estrategia que involucre las modificaciones alrededor del ordenamiento territorial (Gobierno de Colombia, 2018). Uno de los desafíos más grandes que involucra el uso de los EV es, sin duda, la ubicación en el espacio urbano de los sistemas de carga. En promedio, uno de estos EV cuenta con una carga que permite una trayectoria de 80 Kms. Lo cual en algunos casos es insuficiente para cubrir los viajes diarios normales, más si se tiene en cuenta que muchas de las personas que utilizan vehículos particulares se desplazan de la periferia hacia los centros urbanos donde tienen lugar sus sitios de trabajo. Es un problema para los taxis que diario cubren trayectorias cercanas a los 200 Kms. Sin

duda, las ciudades colombianas deben adecuarse para las electrolineras que funcionarían como estaciones de carga rápida para los EV.

De acuerdo con esto, se puede deducir que el reto de la implementación de los EV en Colombia depende de una serie de aspectos que implican una reflexión y un análisis sólido con relación a los factores mencionados, para que, de esta manera, la transición energética en materia de los sistemas de transporte pueda realizarse de forma efectiva y se logre la masificación de los EV en Colombia, principalmente en Bogotá, lo cual permitirá formular una ruta en su implementación para otras ciudades del país.

Contexto del problema

El desarrollo de las investigaciones alrededor de los EV y su implementación como sistemas de transporte público y particular avanzan con distintos matices en diferentes regiones del mundo. Se hace evidente cada vez más que en América Latina, posiblemente debido al rezago de su desarrollo tecnológico e industrial, este tipo de estudios distan mucho de lo que ocurre en países europeos, asiáticos y norteamericanos. Debido a que se constituyen en factores altamente innovadores, el escenario dentro de nuestro continente, si bien no está detenido del todo, sí presenta una distancia considerable con relación a aspectos relevantes como: el nivel de estudios realizados, las instituciones que realizan dichos estudios, los resultados que se presentan y, por último, y quizá uno de los factores más relevantes, el presupuesto destinado para la realización de estas investigaciones.

En el caso de Europa, por ejemplo, podemos observar que son varias las naciones que han impulsado la implementación del uso de los EV de múltiples maneras

y con grados bastante interesantes de coordinación entre los diferentes países que integran la Unión Europea, y el recientemente desanexado, Reino Unido. El *Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica* del Observatorio Tecnológico de Energía (OTE, 2012) presenta un panorama muy completo del avance que ha tenido Europa en la consolidación de una serie de investigaciones alrededor de la adopción de los EV. En dicho documento, se recogen aspectos relacionados con la movilidad sostenible y el estado de su desarrollo al inicio de la década pasada, mostrando las proyecciones que tenían como punto de referencia el año 2020.

En efecto, para la fecha del estudio recientemente se había planteado en el escenario europeo las consecuencias dramáticas que significaba el Cambio Climático para la humanidad y se preguntaba por el papel que en dicha situación iban a jugar las naciones europeas. Por lo tanto, se le dio importancia a la formulación de planes estratégicos que desarrollaran la revisión de lo que ocurría en ese momento en el continente con relación a la infraestructura de los sistemas de carga, considerados como indispensables a la hora de pensar en la transición masiva hacia sistemas de transporte principalmente eléctricos.

Tabla 1. *Parámetros característicos asociados a los diferentes niveles de velocidad de recarga.*

| | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Fases | Una fase AC | Una fase AC Tres fases AC | DC |
| Intensidad | 10 – 16 A | 16, 32, 64 A | 63 – 125 A (típico) Hasta 550 A |
| Tensión | 230 V (EU) 120 V (EE.UU.) | 230 – 400 V | ≥ 400 V |
| Potencia | 1.4 – 1.9 kW | 3.7 – 22 kW | ≥ 44 kW |
| Aplicaciones típicas | Hogar | Hogar Estación pública | Recarga rápida |
| Tiempo de recarga de coche 100 % | 6 – 8 h | 1 – 2 h | 30 min |
| Tiempo de recarga de coche 80 % | 3 – 4 h | < 1 h | 15 min |
| Tiempo de recarga de moto | 2 – 3 h | - | - |

Nota. La figura muestra los parámetros asociados a los diferentes niveles de velocidad de recarga para los EV. Tomado de Arcos et. al., (2018).

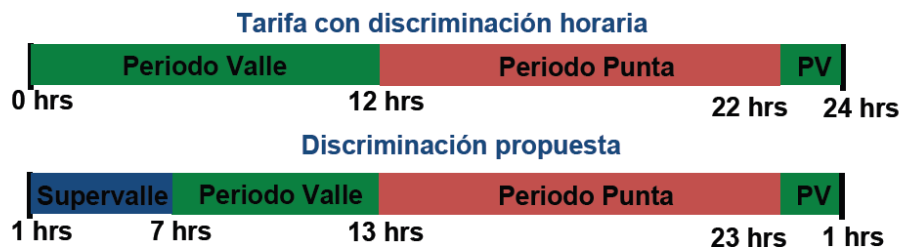
Como puede observarse en la Tabla 1, en la investigación que busca señalar los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de establecer estrategias para el fomento de la movilidad eléctrica, se determinan por lo menos tres niveles en la velocidad de recarga: un Nivel 1, que corresponde a la recarga lenta, realizada generalmente en el domicilio del propietario del EV; el Nivel 2 supone una recarga más acelerada donde debe asumirse una capacidad de carga de por lo menos 63 amperios (A); y por último, un Nivel 3, donde corresponde un método de mayor potencia, con un tiempo de recarga de 15' asegurando la carga de hasta el 80% de la batería. Los niveles 2 y 3 solo pueden encontrarse en puntos de recarga públicos.

Uno de los aspectos más importantes que señalan en estos estudios (Arcos, Maza, & Núñez, 2018; OTE, 2012), tiene que ver con que el Nivel 1 correspondiente a la Carga Lenta es el más difundido entre los EV debido a que la aceptan la casi totalidad de modelos que se han fabricado hasta la fecha. Un factor muy atractivo de

este tipo de carga es su amperaje, ya que como se señala en el estudio adelantado por el Observatorio Tecnológico de la Energía “Se suele realizar con corriente alterna monofásica a una tensión de 230 voltios (V) y una intensidad de hasta 16 amperios (A).” (2012, pág. 8), la cual se utiliza en las zonas residenciales por lo que el usuario puede cargar su vehículo, en detrimento del tiempo, en cualquier lugar en el que se encuentre.

Desde esta misma perspectiva, se señala que los sistemas de Carga Semi-rápida y rápida solo son aceptados por algunos vehículos, debido probablemente a que utilizan corrientes alternas trifásicas que van desde los 400V y oscilan entre los 64A y los 400A. La masificación de estos tipos de carga se considera importante debido a que son una de las condiciones que facilitarían cumplir la meta que se tiene para el año 2020 de llegar, solo en el caso de la nación ibérica, a un número de por lo menos 300.000 vehículos enchufables. Este objetivo pretende cumplirlo España poniendo en marcha cada uno de los ejes que se encuentran formulados en el Plan de Acción del Vehículo Eléctrico, que cuenta con un presupuesto total de 590 millones de euros para poder ejecutar, entre otras, políticas como la “Estrategia sobre vehículos limpios y energéticamente eficientes” (2012, pág. 22). Llama poderosamente la atención que, para fomentar la adquisición de los EV por parte de la mayor cantidad de ciudadanos y solucionar las dificultades iniciales frente a la adaptación de una infraestructura de carga competitiva, se utilicen acciones como la “Creación de las tarifas Súper Valle”, como alternativa para suministros de baja tensión no superiores a 15 kW de potencia.

Figura 1. Propuesta de Creación de tarifa Súper Valle en España.



Nota. En la figura se puede evidenciar la propuesta de creación de la tarifa súper valle en España para el suministro de energía eléctrica de baja tensión que busca el fomento de adquisición y uso de los EV. Tomado del Observatorio Tecnológico de la Energía (2012).

Con la implementación de esta medida se busca que los usuarios de EV tengan un escenario de mercado más competitivo que los usuarios de vehículos tradicionales. En un primer momento, se beneficiarán las personas que hagan uso de cualquier consumo energético con distintos tipos de EV, incluso aquellos denominados híbridos o que comparten su rendimiento para optimizarlo con motores de gasolina. Se emplean adicionales a esta medida, “Tarifas de Único Recurso” (TUR) y para poder gozar por completo de este beneficio se deben instalar contadores de última tecnología, denominados “Contadores Inteligentes”, (pág. 20). En relación con otros países de Europa, se presentan hechos que son relevantes dentro del estudio acerca de la implementación de los EV, como lo que tiene que ver con los “Incentivos a la compra de vehículos eléctricos”. De acuerdo con lo anterior, los países de la Unión Europea buscan reducir para el año 2020 en un 4,5% las emisiones de CO₂, los cuales pueden verse reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Incentivos para la adquisición de EV países de la Unión Europea.

| Países | Incentivos max. | Instrumentación |
|------------------|-----------------|--|
| Bélgica | 4.270 € | Reducción de impuesto de matriculación + deducción a las empresas. |
| Dinamarca | | VE no paga impuesto de matriculación (situado en 180%). |
| EEUU | 5.000 \$ | En California, depende de cada estado. |
| Finlandia | 2.000 € | Además de impuesto sobre el CO ₂ . |

| Países | Incentivos max. | Instrumentación |
|-------------|-----------------|--|
| Francia | 5.000 € | Limitado al 20% del coste. |
| Holanda | > 6.000 € | No paga impuesto. Coche labelizado A, B, C, etc. |
| Italia | 2.000 € | Limitado al 35% del coste, más enfocada a las motos eléctricas mayoritarias en Italia. |
| Israel | | Impuesto a la compra 10% para VE contra 72% para el térmico. |
| Noruega | 7.500 € | |
| Portugal | 5.000 € | Si se deshace de un vehículo térmico (6.500) + reducción en impuesto de sociedad. |
| Reino Unido | 5.000 £ | |
| Suecia | 1.500 \$ | + impuesto anual 40% inferior al de gasolina (ahora de 2.000\$ al año). |

Nota. La tabla muestra los incentivos otorgados por diferentes países a nivel Europa y Norte América para fomentar el uso de EV. Tomado del Observatorio Tecnológico de la Energía, (2012).

Como puede verse en la Tabla 2, en muchos de los países europeos se ha optado por realizar incentivos directos para el consumidor que compra EV, traducidos en descuentos sobre el precio de venta del coche. En otros casos, se ha optado por realizar reducciones significativas en el impuesto de matriculación como estímulos comerciales para hacer de la industria de la electrificación del transporte, ante todo, del transporte particular, un escenario de inversión atractivo, no solo para las inmensas compañías de carros particulares que operan en Europa (Volkswagen, Renault, BMW, Fiat, PSA, Daimler y Tata Motors), sino para las empresas y/o compañías que utilizan sistemas masivos de carga para comercializar sus productos. El objetivo principal que se busca cumplir con el desarrollo de estas políticas por parte de las naciones europeas está orientado en dos direcciones: la primera de ellas es hacer una transición del transporte eléctrico (de la movilidad por carretera para que se pase a transportes ferroviarios, marítimos y fluviales) y, segundo, reducir en por lo menos un 60% las emisiones de GEI para el año 2050, con lo que se lograría también una disminución del grado de dependencia del petróleo extranjero.

Para continuar con el panorama europeo, se tiene que, en el trabajo de investigación adelantado por Vargas, et. al, (2018) se consideran una serie de propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica partiendo de unas consideraciones generales hasta llegar a explorar de qué forma logran visibilizarse dichas estrategias en el aparato regulatorio de las más importantes naciones europeas. En primer lugar, al igual que lo hacen la mayoría de los estudios de investigación, se realiza un contexto acerca de las graves implicaciones que ocasiona, tanto para la economía como para la salud humana, la generación de partículas contaminantes y GEI liberados a la atmósfera como producto de la utilización de los combustibles fósiles. Según los datos allí expuestos, la cantidad de CO₂, uno de los principales gases que provoca el Efecto Invernadero, presente en la atmósfera sufrió un aumento dramático de 280 ppm a principios de Siglo XIX a la alarmante cantidad de 400 ppm en el año 2016.

Este aumento, bajo la perspectiva de este estudio, podría conllevar un aumento de temperatura entre 4°C y 5°C en la temperatura media del planeta tierra. Es más, señala que dentro de esta serie de consideraciones los vehículos particulares tienen la responsabilidad de generar entre el 60% y el 83% de GEI (Óxidos de Nitrógeno, CO₂ y otras partículas contaminantes). Adicional a las consecuencias trágicas que la liberación indiscriminada de este tipo de gases genera para el clima, los autores son enfáticos en señalar la incidencia que esta realidad conlleva para la salud humana, ya que la clasificación de este tipo de partículas se hace teniendo en cuenta su comportamiento al respirarlas más que su composición química.

Por ejemplo, utilizando información publicada por la Agencia de Salud Pública de Barcelona Vargas, et. al, (2018) señalan que, entre más fina sea la partícula, esta

puede penetrar en la fisiología del ser humano. De esta forma, las partículas con un diámetro de 10 μm (PM10) suelen llegar hasta la garganta, mientras que aquellas que tienen un diámetro igual o inferior a 2,5 μm (PM2,5), pueden llegar incluso hasta los pulmones. Pero aquellas partículas con un diámetro igual o inferior a 0,1 μm en la mayoría de los casos pasan de los alvéolos pulmonares incluso hasta la sangre.

Con base en este panorama, buscando la forma de mitigar el impacto que la liberación de partículas contaminantes a la atmósfera es que en los distintos países de la Unión Europea se busca la implementación de programas estatales para la disminución del uso de vehículos que dependan y/o utilicen combustibles fósiles. En el caso de Dinamarca, por ejemplo, la meta es que en el año 2050 se haya eliminado por completo la dependencia de los combustibles fósiles. Para lograrlo, han comenzado con el impulso en la adecuación de estaciones de carga en todo el país, tarea que no depende únicamente de las empresas que distribuyen electricidad. Con ello buscan que los propietarios puedan contactar directamente con los proveedores de energía, eliminando los intermediarios en el proceso.

Al hablar de Estonia, el estudio de investigación adelantado por Vargas, et. al, (2018, pág. 15) señala que el país báltico contaba en el año 2012 con alrededor de 165 estaciones de recarga. Estas estaciones están distribuidas bajo los siguientes criterios: la distancia promedio entre una estación y otra oscila entre los 40 y los 60 kilómetros, por un lado; por el otro, cada población de más de 5.000 habitantes cuenta con por lo menos una estación de carga. En el año de 2011 Estonia firma un convenio con Mitsubishi para promover el uso de EV en las instituciones públicas mejorando su

infraestructura de carga y apoyando a aquellas personas que decidieran comprar un vehículo eléctrico.

En el caso de Francia, los objetivos que se quieren cumplir son bastante más ambiciosos. Además de cumplir los objetivos propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se quieren reducir el porcentaje de emisiones en más de un 40%, meta de Europa en el año 2030, duplicando este porcentaje para el año 2050. Para lograrlo, el gobierno francés eliminó, a partir del 2017, las ayudas y los subsidios dirigidos a los vehículos híbridos y las concentró únicamente en los vehículos de batería eléctrica. Uno de los ejes principales para este propósito se orienta hacia los puntos de carga. La nación francesa busca tener para el año 2030 siete millones de estaciones de carga entre públicas y privadas. Como incentivo para lograr esta ambiciosa meta, hará un reembolso de hasta el 30% del valor total de la estación de carga en el caso de los particulares que puedan instalarla en sus hogares.

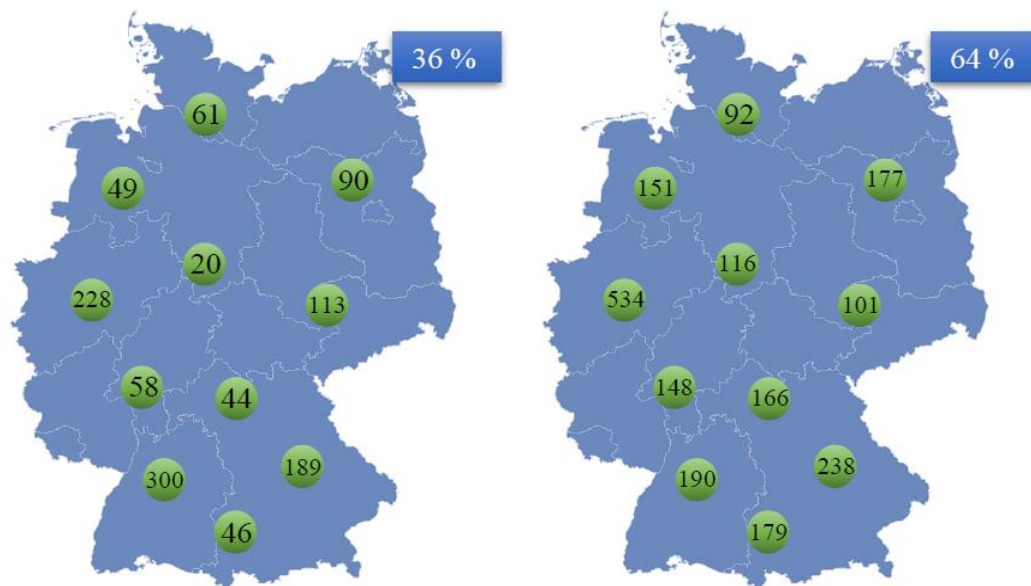
El caso de Alemania es de resaltar. Son varios los aspectos por mencionar que vienen haciendo de la nación alemana uno de los referentes más importantes en cuanto a la implementación de sistemas de EV particulares y públicos a nivel mundial. En primer lugar, Alemania cuenta con un Plan Nacional de Desarrollo para la Movilidad Eléctrica que involucra la participación de los grandes fabricantes de autos como pioneros en el desarrollo de nuevos y mejores modelos de EV.

Por otro lado, Alemania durante los años 2009 y 2011 realizó una inversión que ascendió a los 500 millones de euros en proyectos que estuvieran relacionados con el fomento de la movilidad eléctrica. Según los reportes, esta cifra ascendió hasta los 1000 millones de euros para el año 2015. En este plan se define la creación de un

impuesto para las emisiones de CO₂ (2 € / 100 cm³ gasolina y 9.50 € / 100 cm³ diésel) estableciendo una medida de 95 g/Km para que al propietario del vehículo lo cubra la exención de este. De igual forma, desde el año 2013 se anunciaron ayudas económicas de hasta máximo 10000 euros para vehículos de empresas en función del tamaño de su batería.

Dentro de los modelos de investigación desarrollados por la nación alemana, se organizaron cuatro subregiones, a cada una de las cuales se les encomienda un aspecto específico del estudio e implementación de los sistemas de movilidad eléctricos: Berlín-Brandeburgo, Baden-Wurtemberg, Baviera-Sajonia y Baja Sajonia, Arcos, et. al, (2018). En la primera subregión correspondiente a la conformada por Berlín-Brandeburgo se desarrollará un sector de la investigación relacionado con la conducción, el estacionamiento, la recarga, el almacenamiento y la integración de los EV. A la subregión de Baden-Wurtemberg le corresponde desarrollar un proyecto piloto de investigación que estudie la integración de la movilidad eléctrica con distintos aspectos de la vida diaria. La subregión de Baviera Sajonia se encarga del estudio de proyectos alrededor de los negocios económicamente viables que involucren a los EV y a sistemas de transporte masivos basados en baterías completamente eléctricos. Por último, en la subregión de la Baja Sajonia se desarrollan investigaciones alrededor de la interoperabilidad de los EV, nuevos modelos que innoven alrededor de las concepciones de recarga, formas renovables de energía, fabricación, producción y desarrollo de componentes de EV, además de establecer contactos internacionales para eventuales convenios donde se realice la exportación tanto de EV como de aspectos tecnológicos que faciliten su implementación en otros países.

Figura 2. Puntos de recarga en Alemania.



Nota. La Figura muestra en la izquierda el número de puntos de recarga convencionales en Alemania y en la izquierda, los puntos de recarga rápida que se encuentran operando actualmente. Tomado de Arcos, et. al, (2018).

Para finalizar esta sección alrededor de los países europeos y sus avances con relación a la implementación de los sistemas de transporte basados en EV, revisaremos el caso de Noruega que es la nación que más avances ha presentado en el campo de la movilidad eléctrica y se convierte con esto, en el modelo más claro a seguir, de acuerdo con los hallazgos expuestos por Arcos, et. al, (2018). De acuerdo con la Política Climática Noruega, el primer aspecto con el que se busca que la industria de los EV sea competitiva frente a la de los vehículos convencionales es la reducción de los precios del IVA. A pesar de que esto significa una disminución en la recaudación para el Estado, se compensa con el hecho de que el valor del EV particular se hace más asequible para el público. Esta medida ha venido implementándose desde el año 2001.

La segunda medida, un poco más arriesgada, es el permiso de tránsito de los EV a través de los carriles de buses, debido a que esto podría significar un retraso en la circulación de los buses, pero es un incentivo en la medida en que compartirían el carril exclusivo de estos. Además de la exención del impuesto del IVA, los propietarios de EV en Noruega gozan de los siguientes beneficios: Exención del impuesto de matriculación, Estacionamiento gratuito, Peaje gratuito, Reducción del impuesto de circulación, Apoyo financiero a las estaciones de carga, Estaciones de recarga rápida y Números de matrícula reservado. Algunas de estas medidas cobijan a los vehículos híbridos y, en el caso de los vehículos convencionales, los impuestos que deben pagarse son bastante elevados como, por ejemplo, el pago del peaje, debido al mantenimiento de los túneles en algunas regiones de la compleja geografía del país nórdico. Pero sin lugar a duda tal vez el mayor avance que haya logrado la nación frente a la implementación de los EV sea el grado tan alto de concienciación que tiene su población frente a la desaceleración del incremento de la temperatura media del planeta debido al efecto invernadero de los gases emitidos en la combustión de la energía fósil.

Tabla 3. *Ayudas anuales al comprador de EV.*

| Incentivo | Importe por vehículo (€/año) (2014) |
|-----------------------|--|
| Peajes gratuitos | 434 |
| Carril bus | 940 |
| Aparcamiento gratuito | 398 |
| Ferries gratuitos | 145 |
| Total | 1.928 |

Nota. La Tabla muestra el tipo de incentivos que se implementan en Noruega para favorecer la adquisición y uso de los EV. Hasta el 2014 la flota oficial de EV ascendía a 25.000 unidades. Tomado de Arcos, et. al, (2018, pág. 25).

En el panorama latinoamericano se presentan propuestas interesantes que, lejos de convertirse en proyectos de implementación, sí aportan en términos de analizar cuáles son las condiciones actuales de las ciudades latinoamericanas frente a esta iniciativa, además de que se convierten en puntos de referencia para identificar cuáles son los niveles de dependencia de combustibles fósiles que tienen actualmente los países latinoamericanos y brindan información sobre las políticas que se están desarrollando para mitigar el impacto de los GEI. Vélez presenta su investigación señalando que existe un número cercano a los 1200 millones de automóviles en todo el mundo, de los cuales por lo menos 129,8 millones de vehículos se encuentran en Sudamérica y hay 2,2 millones en el Ecuador, país al que dirige su investigación (Vélez, 2017). Señala, además, que fenómenos como la transición energética que se declaran políticas de estado en los países europeos, hasta ahora comienzan a implementarse en los países de esta región, debido probablemente, al número de trabajos directos e indirectos que se generan con la industria automotriz y al grado de dependencia energética que se tiene en la región con relación a los combustibles fósiles donde se encuentra buena parte de la producción mundial, tanto de petróleo, como de carbón y de Gas Natural.

Tabla 4. *Relación del parque automotor por habitante en la región.*

| PAIS | PARQUE AUTOMOTOR | POBLACION (MILLONES) | HABITANTES POR VEHICULO |
|-----------|------------------|----------------------|-------------------------|
| BOLIVIA | 1456428 | 10825000 | 7,43 |
| ECUADOR | 2200000 | 16424243 | 7,47 |
| PERU | 2600000 | 31911000 | 12,27 |
| COLOMBIA | 11291152 | 48747632 | 4,32 |
| CHILE | 7300000 | 18158923 | 2,49 |
| VENEZUELA | 4200000 | 31592651 | 7,52 |
| BRASIL | 7800000 | 209963274 | 26,92 |
| PARAGUAY | 1700000 | 6736214 | 3,96 |
| URUGUAY | 2173867 | 3444029 | 1,58 |
| ARGENTINA | 11521000 | 43918139 | 3,81 |

Nota. La Tabla muestra la relación del parque automotor de cada uno de los países de América Latina con relación al total de la población para determinar una cifra de habitantes por vehículo. Tomado de Vélez, (2017).

Como puede observarse la relación del número de autos con la población estimada para cada uno de los países sudamericanos indica que existe un vehículo en promedio por cada 7,7 habitantes. Brasil es el país que más habitantes por vehículo presenta, debido en parte a su índice demográfico, pero también a la disminución del poder adquisitivo de la mayoría de los habitantes de la región, a pesar de que su industria automotriz es una de las más fuertes debido a que posee la economía más grande. Caso contrario de Uruguay que presenta la relación más baja entre número de personas por vehículo, en donde podría decirse que están muy cerca de tener un vehículo por habitante, allí el índice demográfico también explica en buena medida esta situación, ya que es uno de los países con menos habitantes de la región, pero con el suficiente ingreso per cápita para permitir que muchas más personas utilicen vehículos particulares como recurso principal para su movilidad.

En Colombia se presenta una situación intermedia, la relación de habitantes por vehículo es de 4,32, con lo que podría decirse inicialmente que cada familia colombiana

tiene acceso a un vehículo, pero al contar con uno los índices de desigualdad más altos, no sólo de la región sino a nivel mundial, sucede que varias familias llegan a acaparar dos, tres y más vehículos que garantizan su movilidad en los principales centros urbanos de la nación, mientras que la mayoría de los habitantes se aglutinan en el ya colapsado sistema masivo de buses a base de Diésel que se imponen como única opción en las principales ciudades colombianas.

Una de las consecuencias de la circulación de este parque automotor en Sudamérica tiene que ver, como ya se ha apuntado en investigaciones anteriores, con la generación de GEI. La mayor parte de este tipo de emisiones como se ha podido determinar proviene de las dinámicas propias del sector transporte. De acuerdo con esta investigación, dentro de los GEI encontramos los siguientes: “dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), y compuestos de plomo y anhídrido sulfuroso” (2017, pág. 25). Además en este estudio se identifican algunas situaciones muy particulares como, por ejemplo, que en la ciudad de Cuenca - Ecuador, tomando como referencia la información arrojada por el registro de los vehículos que realizaron la revisión Técnico Mecánica, indican que en el Centro Histórico de dicha ciudad se concentran hasta 42 microgramos por m^3 de CO_2 , en tanto la legislación ecuatoriana admite hasta 80 microgramos por m^3 de CO_2 . Lo que llama la atención es que la OMS determina que este nivel en ningún caso puede superar los 40 microgramos por m^3 de CO_2 . De lo anterior se tiene que la legislación de las naciones Sudamericanas no aplican con rigor lo dispuesto por los organismos internacionales por lo que es frecuente que los niveles

de aire y de concentración de temperatura provocada por el Efecto Invernadero tienden a acentuarse más que en otras regiones del planeta.

Por otro lado, el panorama en Colombia no dista demasiado del escenario ecuatoriano y, por ende, de toda la región. De acuerdo con Vallejo (2017) uno de los elementos necesarios par lograr la transición energética y la implementación de los sistemas de movilidad eléctrica es la infraestructura adecuada para la instalación de puntos de carga o “Electrolineras”. En este contexto, el horizonte se muestra poco menos que desalentador. Las Empresas Públicas de Medellín (EPM), uno de los consorcios energéticos más importantes del país, habían logrado instalar hasta el año 2017 un número de 10 electrolineras ubicadas en las siguientes ciudades: en Bogotá en siete puntos (Unilago, Tercer Milenio, Santa Bárbara, Terpel Cruz Roja, Praco Didacol, Unicentro, Bolera) en Medellín tres puntos (Rionegro, Rotonda del edificio inteligente) y un punto más en el Valle de Aburrá.

Figura 3. Puntos de carga en Colombia.



Nota. La figura muestra la relación de los puntos de carga implementados en Colombia que se ubican principalmente en Bogotá y en el área metropolitana de Medellín. Tomado de Vélez, (2017).

Para finalizar, en relación con los antecedentes puede concluirse que existe una considerable distancia entre las naciones latinoamericanas y el caso de los países europeos y de América del Norte que se convierten en pionero de la industria de la movilidad eléctrica. Este escenario puede explicarse teniendo en cuenta el nivel actual de desarrollo del mercado automotor establecido en Sudamérica que privilegia y favorece, incluso en aspectos de reglamentación, a los vehículos impulsados por motores que funcionan con combustibles fósiles, además, de que esta es la forma de energía que predomina en la región. Aunque vale la pena mencionar que, en muy pocas regiones del continente, ocurre el proceso de refinamiento del petróleo en sus derivados, ya que la mayoría de las veces este proceso sucede en naciones extranjeras que explotan la materia prima y luego elevan su precio considerablemente en el mercado de los derivados del petróleo como la gasolina y el Diésel.

Otro aspecto que puede influir en este desbalance en términos del desarrollo de estudios de investigación está relacionado con que, en los países europeos, solo para citar un ejemplo, las investigaciones son desarrolladas por instituciones que hacen parte de la industria automotriz, sin hablar de los incentivos en la reducción de impuestos para quienes opten por utilizar EV en detrimento de los vehículos tradicionales que funcionan con base en la quema de combustibles fósiles. Mientras que en los países de Sudamérica este tipo de investigaciones son realizados principalmente por las universidades que, si bien permiten configurar espacios académicos para el análisis y la construcción de propuestas de implementación, no cuentan ni con los recursos ni con escenarios concretos de influencia dentro de los gobiernos para determinar la creación de políticas públicas que favorezcan e incentiven

el uso de los EV dentro de la industria de la movilidad. El tercer factor tiene que ver con el poderío económico de las empresas fabricantes de autos y extractoras de petróleo, que ven en Sudamérica una región en la cual pueden comercializar aún los modelos de vehículos que, ya sea por reglamentación o por innovación, no se permiten utilizar en otras partes del mundo, sobre todo en Europa, frenando con esto el posible desarrollo de la movilidad eléctrica particular y pública que pudiera darse en la región.

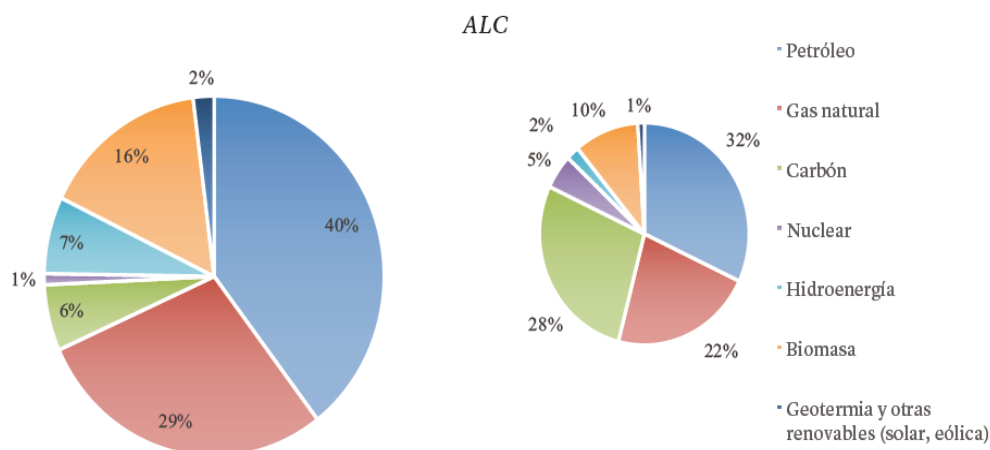
Problema

Existe una falta de control en el manejo que se hace de la emisión de los GEI, generados principalmente por la quema de combustibles fósiles, derivados de la producción de energía extraída del carbón, del petróleo, del Gas Natural y de la biomasa (Rivera, 2019). Como puede observarse en la

Figura 4 la oferta para el consumo de petróleo como fuente de energía primaria alcanza en América Latina y el Caribe (ALC) el rango del 40%, mientras que a escala mundial esta oferta no supera el 32%. En tanto la oferta de energía primaria derivada de la utilización del carbón, el petróleo y el gas natural alcanza el nivel del 73%, inferior al nivel global, donde este porcentaje se sitúa alrededor del 82%. La producción de energía a través de la utilización de combustibles fósiles genera consecuencias negativas en este escenario por lo que, en las agendas de los países, debe

propenderse por la *transición justa* de energías que permitan un desarrollo sostenible con el medio ambiente.

Figura 4: Matriz de la oferta de energía primaria, 2015 (en %).

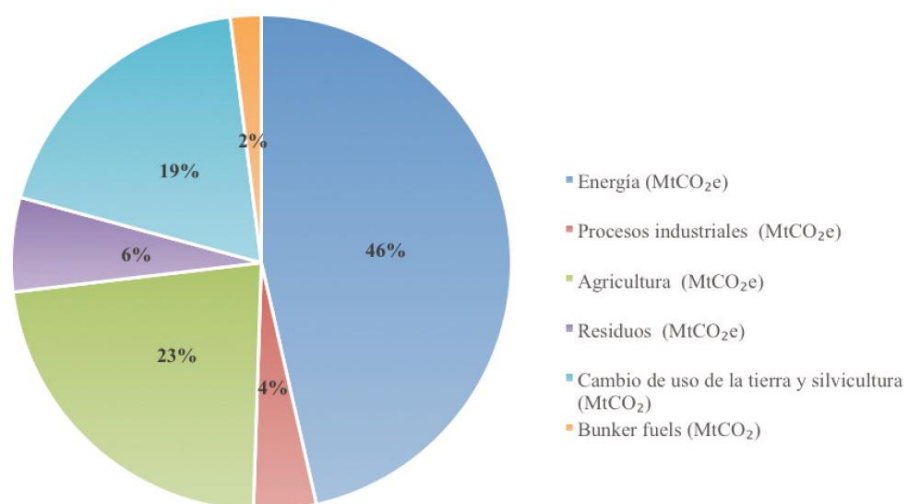


Nota. La Figura muestra la relación de la oferta energética que se presenta en ALC en la derecha con relación a la oferta energética mundial que se presenta en la izquierda destacando el mayor uso de energías provenientes de combustibles fósiles. Tomado de OLADE, (2018).

Como puede observarse en la Figura 4, en ALC el sector que contribuye en un alto porcentaje en la emisión de GEI como parte del consumo de energía es el transporte, alcanzando incluso un 46% de la generación total en la región, debido a que la mayoría de la población, el 83% aproximadamente, reside en las ciudades, por lo cual se asume que el sistema convencional de transporte en la industria de ALC es uno de los factores más influyentes en la generación de Millones de Toneladas de Dióxido de Carbono equivalente (MtCO₂e). Por ello, es urgente desarrollar políticas públicas

que orienten este sistema a nuevas fuentes de energía que permitan cumplir con la disminución de GEI causantes del aumento de la temperatura global, por otras fuentes de energía limpia. La transición energética en el sector del transporte a sistemas de propulsión eléctrica tiene un papel fundamental.

Figura 5. GEI por sectores, ALC, 2014 (2014).



Nota. La Tabla muestra la relación del parque automotor de cada uno de los países de América Latina con relación al total de la población para determinar una cifra de habitantes por vehículo. Tomado de Climate Data Explorer - CAIT, (2018).

De acuerdo con Edwards, et. al, (2018), los países de ALC proponen la migración energética de un transporte basado en combustibles fósiles, por una red de transporte eléctrico de cero emisiones de GEI. Naciones como Chile o Colombia buscan que sus sistemas de transporte público sean eléctricos en el año 2030. Sin embargo, cada vez más personas hacen uso del transporte privado. Esto implica que los esfuerzos orientados a mitigar la Huella Ecológica de la quema de combustibles deben ser liderados por políticas públicas, pero contando con una intervención del sector

privado y así desarrollar los niveles tecnológicos y la accesibilidad para el grueso de la población al transporte eléctrico. En este contexto, en el marco de la búsqueda de estrategias que permitan una transición justa en la industria del transporte basado en los combustibles hacia medios de transporte que utilicen energía eléctrica, es en el que se formula la siguiente pregunta problema: ¿Cuáles estudios a nivel nacional e internacional evidencian experiencias exitosas alrededor de la transición energética de vehículos combustibles a vehículos eléctricos en el sector público y privado?

Hipótesis de Investigación

Dentro de este escenario en el cual existe una problemática agravada por el uso casi indiscriminado de combustibles y de energía fósil, es importante que puedan gestarse iniciativas para disminuir el uso de vehículos convencionales y estos puedan ser reemplazados por EV y así se pueda contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y disminuya, de igual forma, el índice de partículas contaminantes y GEI presentes en el aire y que tan graves afectaciones genera no solo al clima sino a la salud humana.

Con base en este panorama, estudios y análisis como el que se pretende desarrollar por medio de este documento podrían dar respuesta a una serie de hipótesis que faciliten y aún en el camino en futuros proyectos de investigación y/o de implementación de la movilidad eléctrica en contextos micro (empresas, compañías de transporte) y macro (municipios, poblaciones, ciudades...) es que se desarrolla la siguiente formulación de hipótesis:

Hipótesis 1.

El uso generalizado de EV en los sistemas de transporte públicos y su uso particular disminuye los índices de GEI presentes en el aire.

Hipótesis 2.

Los países que han logrado establecer como políticas públicas el fomento de la movilidad eléctrica por medio de incentivos tributarios fortalecen el uso de esta tecnología dentro de su industria interna del transporte.

Hipótesis 3.

La instalación masiva de puntos de carga en un país o región hace que se facilite la adquisición de los EV por parte de los usuarios particulares del transporte.

Sistematización del Problema

Es una constante encontrar dentro de las distintas investigaciones que tienen como objeto el fomento de la movilidad eléctrica el impacto significativo que esta puede tener en la reducción de emisiones de GEI. Como parte del cumplimiento de este objetivo, siguiendo lo propuesto por Freile y Robayo (2016) el alto nivel de partículas contaminantes en el aire exige de un esfuerzo mancomunado entre los distintos sectores ambientales, sociales y económicos para lograr mitigar los índices de contaminación del aire que se presentan en las ciudades latinoamericanas. Desde ese punto de vista la implementación de la movilidad eléctrica es una condición sin la cual no puede pensarse que esto pueda ser posible. Las ventajas iniciales que puede ofrecer el EV sobre los vehículos convencionales son de distinta índole.

En primera medida, un EV hace reducir el consumo de Gasolina y disminuye el valor que los conductores deben utilizar para costear este combustible. Un ejemplo de esto es la implementación de Taxis eléctricos que se ha venido adelantando en la ciudad de Montevideo donde los propietarios han visto disminuido incluso en un 85% el valor del consumo de gasolina en detrimento de los sistemas de carga eléctrica que

significa para ellos garantizar recorridos en promedio de 350 kilómetros. Además, la carga de estos vehículos es sumamente eficiente, ya que no demoran más de 3 horas la mayoría de las veces en su proceso de carga. Una ventaja adicional de los EV sobre la cual no se presta mucha atención es que su motor no genera tanto ruido como un motor de combustión convencional que, si no está en buen estado, puede convertirse en algo bastante ruidoso.

Figura 6. Modelo de taxis implementados en la ciudad de Montevideo.



Nota. La Figura muestra un modelo de taxi particular que se ha implementado en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el desarrollo de una política pública que busca mitigar el número de emisiones de GEI. Tomado de Freile y Robayo, (2016).

Por otro lado, la implementación de EV y de un sistema de movilidad eléctrica traería consigo la eliminación de la dependencia del petróleo por lo menos en lo que a suministros combustibles para el transporte se refiere. Es muy interesante observar en el caso de Ecuador, por ejemplo, cómo se pasó de un nivel de importación de energía eléctrica en el año 2007 del 19% de la energía total que consumía la nación, a un 1% para el año 2012. Esto se logró gracias a que la nación realiza a principios de la década una inversión aproximada de 4.200 millones de dólares para la construcción y el desarrollo de, por lo menos, siete grandes proyectos electro energéticos, dentro de los cuales se puede mencionar: “Coca Codo Sinclair, Sopladora, Toachi Pilatón, Minas San

Francisco, Delsitanisagua, Manduriaco, Quijos” (Feile & Robayo, 2016, pág. 27). Con este tipo de iniciativas se lograría que la nación produjera el 50% de su consumo interno de energía por medio de energías limpias y disminuiría su nivel de dependencia del sector petrolero. Es por esto por lo que el país bolivariano se ha realizado la pregunta de cómo podría aprovechar este sector energético fortalecido por las recientes inversiones, para de la mano del transporte, lograr transformar su movilidad convencional hacia una movilidad más amigable con el ambiente y que se convierta en la primera movilidad cero emisiones de Sudamérica.

La problemática que se enfrenta en la actualidad con relación al Cambio Climático obliga a pensar y proponer estrategias que incidan de forma significativa en el alto nivel de emisiones de GEI que se tienen en la región. Tan sólo en la capital ecuatoriana en el año de 2014 se pudo conocer que se emitieron cerca de 2.8 millones de Dióxido de Carbono a la atmósfera. De acuerdo con esta investigación, una de las razones de dicho nivel de generación de partículas contaminantes hacia la atmósfera puede estar relacionado con la altitud de la ciudad, debido a que está situada a 2.850 metros sobre el nivel del mar, por lo cual, el motor de gasolina debe esforzarse y exige más potencia debido a la disminución de oxígeno que se experimenta a tal altitud. Esta es una de las razones más para que Bogotá, que desarrolló a principios del Siglo XXI el programa de ser una ciudad 2.600 metros más cerca de las estrellas, pueda asumir el reto de convertir la mayoría, sino la totalidad de su transporte particular, en movilidad eléctrica.

Objetivos

Objetivo General.

Construir un estado del arte de la transición energética que se está presentando a nivel mundial y nacional enfocada al fomento de los vehículos eléctricos.

Objetivos Específicos.

Realizar una revisión bibliográfica de la transición energética a nivel mundial y nacional resaltando el papel de los vehículos eléctricos.

Relacionar casos exitosos de políticas públicas implementadas en diferentes países para el fomento de los vehículos eléctricos.

Identificar aspectos técnicos y metodológicos que deben ser considerados para incentivar el uso de vehículos eléctricos.

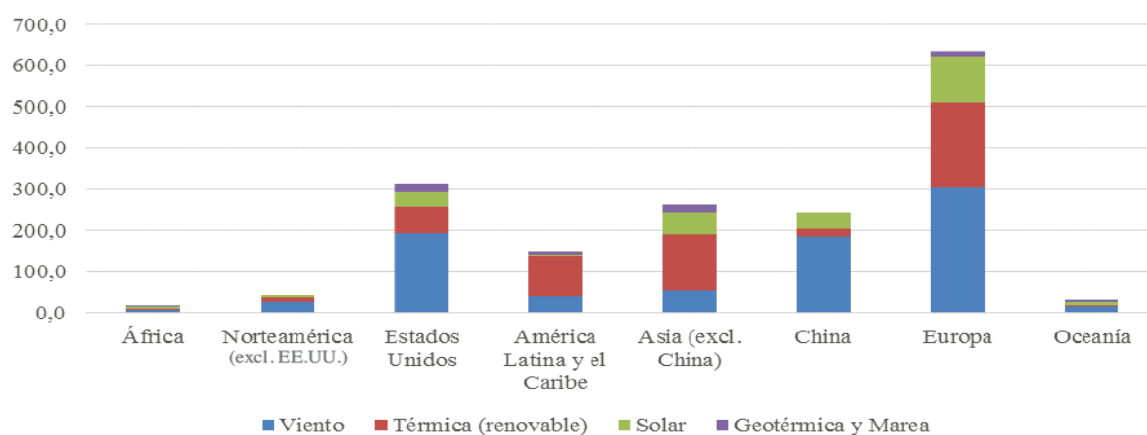
Analizar la información recolectada generando un aporte desde su aplicación y pertinencia para Colombia.

Justificación

La Organización de Naciones Unidas (ONU) ha propuesto como objetivo la transición de los sistemas actuales de transporte hacia aquellos que impliquen un consumo menor de combustibles fósiles que ocasionan el Cambio climático (ONUa, 2015). En el panorama mundial se tiende a utilizar fuentes de energía renovables, no solo en la implementación de los sistemas de transporte sino en cada aspecto de la vida cotidiana. Como puede evidenciarse en el Figura 3, la región de ALC tiene un rezago ante Estados Unidos, los países europeos y asiáticos, donde se presentan

brechas de incluso 100 TWh, en los niveles relacionados con la generación de energías renovables.

Figura 7. Generación de energías renovables excluyendo hidroelectricidad por región, 2015 (TWh)



Nota. La Figura muestra la relación entre la generación de energías renovables en el mundo por región donde se destaca el uso de la energía térmica. Tomado de ONU (2018).

Según la ONU (2015), de continuar con este ritmo en la quema de combustible, la temperatura promedio del planeta se mantendrá en un crecimiento superior al 2,5 °C lo que generaría en el año 2030 graves consecuencias para las poblaciones menos favorecidas y de escasos recursos. Este panorama ofrece pocas posibilidades de sostenimiento a países megadiversos, de los cuales, ocho naciones se ubican en la región de ALC. La tarea que impone el Cambio climático pone a prueba el uso eficiente de energía y su producción para así cumplir con los acuerdos internacionales y con los ODS que propuso la ONU, buscando revertir esta situación que afecta a unas sociedades más que a otras, pero que, indudablemente, generará un impacto negativo

sobre la forma como se hacen sostenibles las sociedades humanas postindustriales en el planeta.

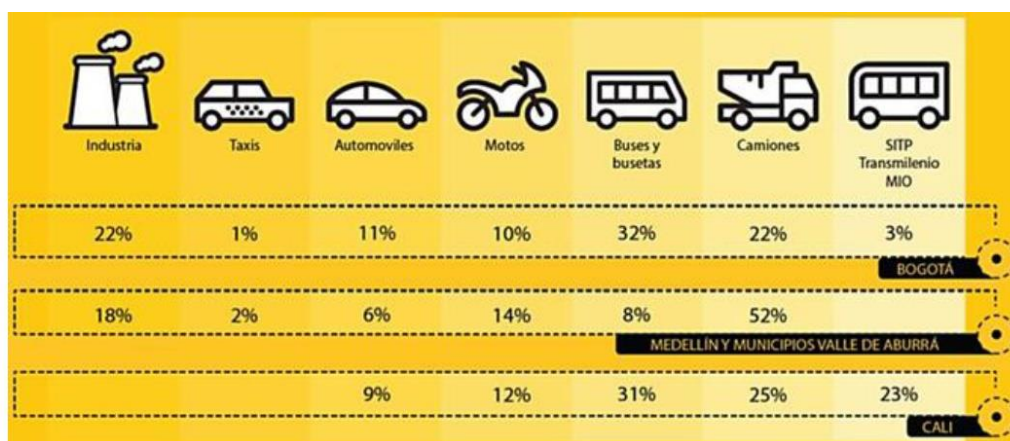
De acuerdo con lo anterior, es importante relacionar que existen 5 ODS que se encuentran vinculados al proceso de descarbonización ONU (2015); corresponden a:

- **ODS 7.** Garantizar el acceso a una estrategia asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- **ODS 9.** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- **ODS 11.** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- **ODS 12.** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- **ODS 13.** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

En el marco de este propósito, la pregunta sobre la forma como esto puede llegar a darse en Colombia cobra validez, en tanto, una de las industrias que más consumen energía proveniente de estas fuentes es la industria del transporte. Las emisiones de partículas contaminantes, entre las cuales se incluyen en un porcentaje significativo los vehículos particulares, inciden en los niveles de pureza del aire afectando la calidad de vida de las personas que se ven expuestas a respirar partículas capaces de penetrar en los pulmones y causar afecciones graves para la salud. Según

los datos que expone el Gobierno de Colombia se estimó que, en el año 2015, más de ocho mil muertes estuvieron relacionadas con problemas respiratorios derivados de la contaminación de partículas PM₂ cuya incidencia económica supera los doce billones de pesos (Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica - ENME, 2018).

Figura 8. Principales fuentes de emisión de PM₂ en ciudades de Colombia.



Nota. La Figura muestra el porcentaje de emisiones de Material Particulado (PM) generado por la industria y por los distintos tipos de automóvil. Tomado de Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica – ENME (2018)

Es importante analizar y observar desde distintos enfoques de investigación cómo pueden darse las condiciones en nuestro país para una transición hacia mecanismos y sistemas de transporte que privilegien energías limpias. Por ello, se busca conocer el estado actual de las investigaciones que se han llevado a cabo en distintas regiones para definir sus alcances, el estado teórico y metodológico de los estudios que han permitido fortalecer la implementación de las transiciones energéticas, posibilitando de esta manera la creación y consolidación de estructuras informativas de análisis que puedan ser aprovechadas en el momento actual de la industria automotriz colombiana, para definir un camino hacia la transición energética que signifique una

movilidad renovable, económica y eficiente de las personas que habitan las áreas metropolitanas generando un impacto positivo en sus estilos de vida, acortando tiempos de movilidad y, más importante aún, reduciendo los índices de mortalidad por enfermedades asociadas con la calidad del aire.

Capítulo II

Marco Conceptual

Energías renovables

Se entiende por energías renovables aquellas fuentes primarias de producción y de generación de energía que no dependen de los combustibles fósiles. En este grupo se consideran los siguientes tipos de energía: hidroeléctrica, eólica, solar, térmica renovable, biomasa, geotérmica y marea o hidrocínética (Rivera, 2019). La utilización de este tipo de energías se considera indispensable para mitigar los efectos que trae el uso de combustibles fósiles y cuya principal consecuencia es el Cambio Climático. Su principal característica es que tiene niveles de cero emisiones de GEI (a excepción de la energía obtenida de la biomasa), que conducen al calentamiento de la temperatura media del planeta, generando graves daños ambientales y cambios abruptos en el equilibrio de la tierra y en la supervivencia de los ecosistemas más delicados.

Las energías renovables tienen como condición fundamental que no se agotan, ya que no dependen de la extracción, aunque en muchos casos las fuentes de energías renovables sí están condicionadas de acuerdo con la ubicación geográfica de una nación, cuando se trata de su acceso al mar, por ejemplo, o del número de cuencas hídricas que pueden ser utilizadas en procesos hidroenergéticos. Desde esta

perspectiva, la energía renovable que más se utiliza en ALC es la hidroeléctrica, que representó un 7% del total de generación de energía en comparación con el petróleo que alcanzó un indicador del 40% (

Figura 4). A pesar de ser una región con un alto potencial para la generación de los diversos tipos de energía renovable en ALC, el mayor índice de producción de energía está acaparado por el petróleo, entre otros factores, debido a los yacimientos que se encuentran en países como Venezuela (quien cuenta con las mayores reservas del mundo), Brasil, Ecuador, México, Argentina, Colombia, y Perú, las cuales significan casi el 20% de las reservas mundiales. Por otro lado, siguiendo lo planteado por Rivera (2019) con relación a la utilización de la energía fósil, se tiene que las “reservas probadas de gas de la región ascendieron 6.890.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo, lo que representa el 4% del total mundial.” (p. 10), constituyendo la segunda fuente de energía primaria de mayor uso después del petróleo, con una tasa superior al 25% del total del consumo de la energía generada en la región.

Dado lo anterior, se puede determinar que el uso de energías renovables en ALC es poco estimado, tiene un desarrollo inferior en términos de la infraestructura y tecnología necesarias para su generación y su explotación con relación a la forma como

se da este mismo proceso en la industria de las energías no renovables. Se busca que las fuentes primarias de energías renovables sean protagonistas para la integración y adecuación de una red de suministro que pueda facilitar el uso masificado y eficiente de los vehículos eléctricos. Para ello resulta fundamental el papel que cumplen las políticas públicas y los aparatos legislativos que permitan la incentivación de la inversión privada en este sector, así como el desarrollo de obras públicas que garanticen la suficiencia de los sistemas renovables de energía en la región.

Transición energética

Todo proceso de cambio o de transformación en un sistema de producción, generación y almacenamiento de energía primaria se denomina Transición energética (Roger, 2018). Pueden identificarse algunas características comunes entre cada uno de los períodos de transición energética que se han dado en la humanidad, como el lapso entre uno y otro que puede abarcar siglos o décadas, tal es el caso de la utilización de la biomasa, quizá la fuente de energía primaria más utilizada por la especie, hasta la más reciente relacionada con el Gas Natural. Así, la transición entre el Carbón, el Petróleo y, ahora, el Gas Natural, es decir, los denominados combustibles fósiles, también se identifican aspectos como el desarrollo de la tecnología suficiente para que las industrias que se generaron a partir de ellos comiencen a ser rentables. Esto, de la mano de una política pública y de una legislación entre los países pioneros y los países en vías de desarrollo hacen que en algunas ocasiones una transición energética ocurra con indicadores favorables a niveles macro (uso global), mezzo (implementación nacional) y micro (aprovechamiento empresarial).

Tal vez uno de los más grandes retos que tiene la transición energética bajo la perspectiva de los Vehículos Eléctricos (EV, por sus siglas en inglés), sea el diseño de los dispositivos que permitan el almacenamiento energético que supla o supere los que actualmente están utilizando los vehículos que funcionan aprovechando la energía de los hidrocarburos. En este contexto, de acuerdo con Roger (2018) “las baterías de ión-litio...constituyen el caso más conocido, pero no por ello el único, ni menos aún la solución universal para las diversas necesidades de almacenaje energético” (pág. 34), por lo que es, desde su perspectiva, muy importante que se combinen los aspectos relacionados con el desarrollo de la tecnología, junto con la implementación de incentivos a las empresas para su utilización y el aprovechamiento eficiente de estos sistemas, de la mano de una optimización de recursos humanos calificados y no calificados que aseguren que, por medio de la utilización de fuentes de energía renovables pueda darse una transición energética justa que haga mucho más favorable la adquisición y puesta en circulación de la compleja red que asegure la industrialización de los EV y pueda hablarse de sistemas de transporte libres de emisiones de gases contaminantes.

Vehículos eléctricos (EV)

Dentro de los sistemas de transporte, colectivos y particulares, los EV contienen motores diseñados para funcionar a partir de una batería recargable y eléctrica, a diferencia de los vehículos convencionales que funcionan con un Motor de Combustión Interna (MCI) (Arias, 2015). Su particularidad consiste en que no generan emisiones de GEI, por lo que se ha considerado como uno de los elementos que más contribuirían en la disminución de este tipo de gases contaminantes que tan graves efectos provocan en

el planeta. En efecto, el uso de este tipo de vehículos redundaría en un descenso significativo de las emisiones de gases contaminantes lo que generaría una posible salida para el manejo del Cambio Climático.

La principal dificultad para la implementación masiva de este tipo de vehículos está relacionada con sus altos costos de producción y de circulación, ya que en la actualidad solo existe un sistema de recargas constituido en las mayores ciudades del mundo, pero no en las de los países en vías de desarrollo Arcos, et. al. (2018). Es por ello por lo que se ha generado una exigencia a los grandes fabricantes de vehículos en el mundo (Ford, Chevrolet, Mercedes-Benz, BMW, Toyota, entre otras) para que dentro de sus políticas empresariales comiencen a incentivar el desarrollo y el aparato tecnológico que permita que este tipo de EV puedan ser masificados dentro del mercado interno de los distintos países y así la mayor parte de la población pueda acceder a ellos (BID, 2016). De igual forma, se ha planteado la exigencia a las grandes naciones de que migren sus sistemas públicos de transporte, basados principalmente en Microbuses que consumen sobre todo Diesel, a trenes eléctricos o Metros que satisfagan las necesidades de la población más vulnerable en términos de eficiencia de su transporte, ya que la mayoría no puede acceder al uso de carros particulares.

Existen por lo menos cinco clases de EV que están en circulación sobre todo en las ciudades europeas, norteamericanas y en países como China y Japón que han buscado fortalecer este sector dentro de sus sociedades (De la Herrán, 2014). Algunos de ellos, como los Vehículos híbridos ligeros, los Vehículo híbridos y los Vehículos híbridos enchufables, funcionan a partir de la combinación de los MCI con motores eléctricos sin lograr aún la autonomía de estos últimos. Por otro lado, los denominados

Vehículos eléctricos de autonomía extendida o Híbrido enchufable en serie y los Vehículos eléctricos de batería, desarrollados principalmente por la compañía Tesla Motors, sí logran la independencia del sistema eléctrico de funcionamiento, aunque no logran superar en eficiencia en la carga (necesitan lapsos de horas para ser recargados) y rendimiento (número de kilómetros que pueden recorrer antes de ser recargados) a los vehículos convencionales, Edwards, et. al. (2018). Se ha propuesto que las grandes compañías productoras de vehículos MCI puedan desarrollar procesos de innovación tecnológica para desincentivar su uso y reemplazarlos por EV, pero en ese camino se han enfrentado a los intereses económicos de las grandes y poderosas compañías petroleras.

Sistema de carga

Son los dispositivos que se utilizan en el proceso de suministrar energía a un EV. Actualmente pueden reconocerse distintos tipos de sistema de carga dependiendo en esencia si el EV es híbrido (combina suministro eléctrico con el combustible fósil) o si es exclusivamente un vehículo que funcione por medio de una carga eléctrica. De acuerdo con el estudio de Hermana (2018) resulta absolutamente indispensable en el proyecto de implementar flotas de vehículos electrificados, pensar en el impacto en la recarga de este tipo de vehículos genera en todo el sistema de una región o territorio, ya que considera que alimentar el sistema para sostener el consumo eventual de una flota masiva es un desafío para el que tienen que prepararse las ciudades de una manera muy particular.

Dentro de las categorías que definen un sistema de carga pueden observarse las que definen el impacto de su servicio, en otras palabras, si el sistema en cuestión está

diseñado para el suministro particular de un solo vehículo o si es un sistema público que permite la carga de hasta por lo menos 10 automóviles con promedios de carga que oscilen entre los 12' y 30', Arcos, et. al. (2018). Estos son los puntos que deberían tender a incentivarse por las ventajas que permite que sean las instituciones públicas y privadas quienes lleven la vanguardia en la materia de la implementación de este tipo de sistemas debido a su alto costo y a la complejidad de su funcionamiento. Sin embargo, la tendencia actual marca que cada vez más usuarios buscan el modo particular de abastecerse sobre todo durante las horas de menor índice de consumo que es durante la noche.

En ese mismo sentido Gil (2018) realiza la pregunta de si existe la suficiente generación de energía eléctrica para eventualmente llegar a satisfacer toda la demanda de energía eléctrica que significaría el hecho de que la mayoría de las personas llegasen a utilizar un EV, por lo menos, que la totalidad de la actual flota de vehículos particulares fuese eléctrica es muy probable que el sistema de carga actual en países como el nuestro sean un obstáculo para llegar a construir ese contexto urbano donde pueda lograrse una recarga cada 12 Kms aproximadamente, que es el tiempo que aumentaría la confianza de los usuarios con relación a la nueva tecnología eléctrica del transporte.

Baterías

Un punto muy importante de la discusión se produce cuando se centra la atención en el tema de las baterías de los EV. Al tener la capacidad de almacenar la energía eléctrica, se convierte en un elemento fundamental para la masificación en el uso particular y público de los vehículos eléctricos (León & Salinas, 2018). Ha sido un

factor decisivo en las primeras décadas de la reinención del vehículo eléctrico por sus altos costos de fabricación. Se han desarrollado distintas versiones de las baterías para facilitar o permitir que su producción favorezca el crecimiento de la industria eléctrica automotriz. Aun así, hoy en día sigue siendo uno de los principales temas a la hora de hablar del sistema de transporte basado exclusivamente en lo eléctrico.

La razón principal está ligada con la materia prima que se utiliza para su elaboración. Las más solicitadas en el mercado son las baterías de **Litio-ion** (iones de litio que se utilizan también en los dispositivos celulares) debido a su mayor capacidad de almacenamiento y velocidad de carga, aunque recientes experiencias hacen caer un velo de duda sobre su eficiencia ante situaciones de sobrecalentamiento (Puentes, 2014). Otro problema, está relacionado con su elaboración. En la actualidad los yacimientos más importantes de Litio se encuentran en Bolivia (Rivera, 2019) y, debido a aspectos geopolíticos y relacionados con las consecuencias de la extracción minera, se hace compleja su adquisición.

Como sustitutas, pero sin sus mismos niveles de funcionamiento están las baterías de níquel-hidruro metálico (**NiMH**), aunque presentan una menor demanda. Hay que recordar que las baterías que se utilizan en la alimentación de los sistemas eléctricos complementarios de los vehículos en combustión son de plomo-ácido (**Pb-Ac**). En esencia, las baterías de Litio-ión son superiores principalmente en tres aspectos: su tensión de trabajo, su capacidad de almacenar una mayor cantidad de energía y su posibilidad de superar el efecto de pérdida de almacenamiento ante las descargas incompletas. Para solucionar esta situación se han incorporado algunas estrategias para la gestión de flotas enteras de EV, como se muestra en el trabajo de

Hermana (2018) donde se definen en algunos modelos la implementación de supercondensadores que ayudan con la acumulación de la carga eléctrica y de su baja entropía (pérdida de energía). Su uso directo como accesorio de la batería o como complemento de esta, reduce el trabajo de la batería de Litio-ión hasta en un 20%.

Finalmente, otro aspecto que destaca en el tratamiento del manejo de las baterías en una posible industria del sector de transporte eléctrico está relacionado con su degradación. Si se trata de disminuir el impacto ambiental de los combustibles fósiles en el planeta, este no puede ser reemplazado por la que genera el deterioro y eliminación de las baterías utilizadas en los EV. En algunas investigaciones como las desarrolladas por Arias (2015), Hermana (2018) y Roger (2018) se considera que los factores que inciden en la degradación de las baterías son los siguientes: la tensión, ya que esta debe situarse entre 3,7 y 4,2 V. La intensidad, ya que varía en los tiempos de carga y descarga, en todo caso no pueden superar los 100 A ya que se ocasionan graves afectaciones a las celdas de almacenamiento. La temperatura ideal para su funcionamiento está en un rango de 6°C hasta los 60°, aunque puede cambiar este indicador de acuerdo con el fabricante. La profundidad de descarga puede afectar la durabilidad de la vida de acuerdo con su número de ciclos de descarga. La frecuencia de la carga también induce en su degradación. Por último, el tiempo de reposo y el estado de la carga también influye en la prolongación de la vida de la batería y en su óptimo funcionamiento.

Marco Teórico

Siguiendo los propósitos principales de la presente investigación, donde se busca elaborar un estado del arte de los estudios a nivel nacional e internacional

alrededor de los modelos que se han dado sobre la implementación de vehículos eléctricos en distintas ciudades, así como aquellos que hablan de la transición hacia fuentes de energía renovables, los autores que han trabajado sobre estos temas, proponen que son varios los rasgos teóricos y conceptuales por considerar y que pueden ser útiles para la conceptualización final del esquema de análisis sobre los resultados que han arrojado al momento de realizar estas investigaciones.

En un primer momento, se reconoce en diferentes estudios de investigación la necesidad de definir la viabilidad dentro de la implementación de vehículos eléctricos (Edwards & Viscidi, 2018; León & Salinas, 2018; Morales, 2014). Se establece con el propósito de identificar si la propuesta resultará útil y tendrá el rendimiento económico que se desea bajo la relación costo-beneficio y así se puedan tomar las decisiones apropiadas, sobre todo, en contraposición a los vehículos tradicionales basados en la combustión de gasolina, etanol, Diesel y ACPM. Por ello se hace necesario identificar parámetros puntuales en busca de la información correspondiente que permita validar las posibilidades para establecer los provechos inherentes al proyecto.

La viabilidad económico-financiera del proceso de implementación dará idea si los capitales de inversión operativos y de puesta en marcha serán rentables durante los primeros 3 a 5 años de ejecución (ONU, 2018). Se debe analizar si la infraestructura, la distribución y el transporte eléctrico para la ejecución de la propuesta permitirá hacerlo óptimo. Enfocar el proyecto dentro de un área permite establecer si existe una necesidad dentro del mercado, estableciendo la cantidad de población, los niveles de satisfacción y hacia donde sería pertinente dirigir el proyecto. De igual manera, una de las consideraciones más importantes que se señalan en este tipo de proyectos es el

aspecto de la Movilidad Sostenible, donde se busca articular una integración de medidas y alternativas que buscan reducir todos aquellos impactos negativos generados por el uso de vehículos que tiene como fuente de energía para su movilización los combustibles fósiles, los cuales son los principales precursores y generadores del efecto invernadero y el calentamiento global (Rivera, 2019). Esta movilidad sostenible se potencia mediante la implementación de estrategias como el uso de bicicletas, caminar hasta el trabajo, compartir los vehículos con otras personas o el uso de transporte público y así reducir el número de focos contaminantes en las vías que provocan estos impactos negativos.

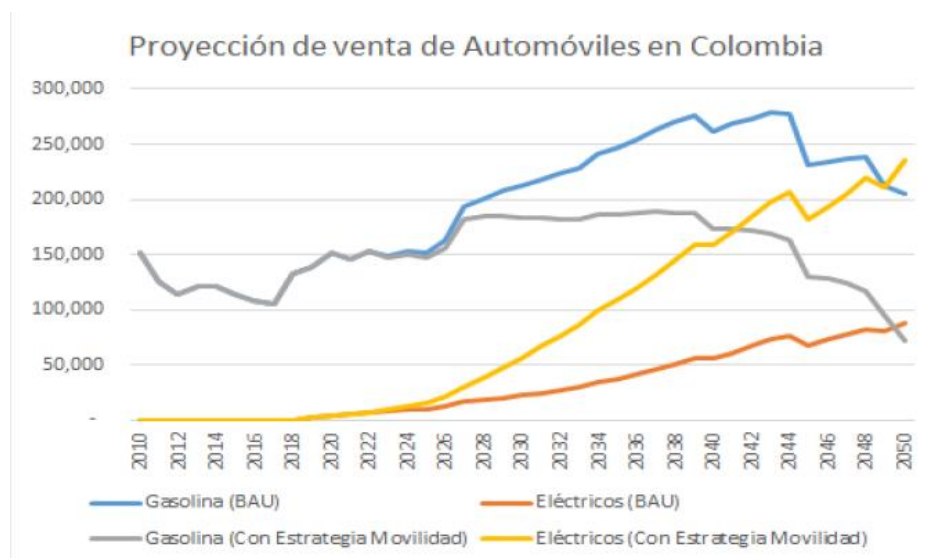
Además, implementar nuevas tecnologías de energías limpias y que son renovables en los hogares e industrias con el fin de contribuir desde diferentes puntos a la mejora de la calidad ambiental y minimizar con ello el uso de combustibles fósiles. La implementación de un modelo de transición energética en el sistema de transporte involucra una serie de factores determinantes que inciden en la formulación y pueden llegar a determinar la complejidad de su desarrollo (Torres, 2015). Aspectos como el costo de los vehículos, los sistemas de carga, las partes que forman su ensamblaje, los beneficios que podrían recibir los usuarios de estos y otros factores asociados hacen que en el momento de pensar en este tipo de transiciones se deban referir y comentar otros modelos, así como una revisión general de cómo se han dado estas transiciones en otros lugares de la región y en otros continentes.

De acuerdo con el trabajo de investigación adelantado por Morales (2014) la implementación de los vehículos eléctricos y de sistemas de transporte masivo cero emisiones en ciudades colombianas es una apuesta muy reciente, por lo que debe

elaborarse un modelo de implementación que abarque condiciones tanto técnicas como tecnológicas, económicas (estudios de mercado) e infraestructura y ordenamiento territorial. Por otro lado, para León y Salinas (2018) existen antecedentes en la evolución mecánica de los vehículos que pueden ser de utilidad en este propósito. Consideran que algunos sistemas eléctricos de inicios del siglo XIX buscaban la manera de economizar las fuentes de energía que utilizaban debido a razones estrictamente económicas, ya que no se conocía el impacto que podría tener la utilización masiva del combustible fósil. De igual manera precisan que, con el panorama actual del cambio climático, se hace necesario y muy urgente que se utilicen sistemas de generación de energía con cero emisiones de CO₂.

Como puede observarse por medio de la Figura 9, la proyección de ventas de automóviles eléctricos en Colombia no puede optimizarse sin la implementación adecuada de una estrategia de movilidad eficiente, ya que en buena medida se garantizaría que la venta de vehículos pueda suplir las necesidades particulares de los usuarios privados del transporte, aunque estos índices serían mucho más favorables si se involucran también los sistemas de transporte público denominados multimodales (Torres, 2015). De acuerdo con las metas que estableció el estado colombiano, para el año 2050 las ventas de vehículos con motor combustible tenderían a la baja frente al incremento de la comercialización de vehículos eléctricos que, en todo caso, no llegarían a superar las trescientas mil unidades, cifra muy inferior frente al número total de automóviles que se manejan en el mercado colombiano.

Figura 9. Proyección de ventas de automóviles en Colombia.



Nota. En la Figura se relaciona la proyección de las ventas de EV en Colombia donde puede observarse un detrimento en las ventas de vehículos de CI con relación al aumento en las ventas de EV. Tomado de Rivera, (2019).

Una estrategia de movilidad que combine los dos elementos anteriores, los estudios de viabilidad y la movilidad sostenible, se puede lograr por medio de los sistemas que favorezcan el uso de vehículos eléctricos. En esencia, este tipo de vehículos pueden llegar, por medio del uso de la implementación de un motor eléctrico para transformar la energía eléctrica en energía mecánica y almacenarlas en baterías recargables, a permitir que un automóvil se pueda desplazar de igual manera que un automóvil que tiene un motor de combustión (Morales, 2014). La gran diferencia es que los automóviles eléctricos contribuyen a la reducción de CO₂ en el medio ambiente y, con ello, a disminuir el efecto invernadero, debido a que es un motor que genera cero emisiones de gases. El por su fuente eléctrica, aunque esta transición es demasiado compleja como lo reconocen León y Salinas (2018), según su análisis si tenemos en cuenta que, por más de un siglo, la fuente primaria de los vehículos en el planeta han sido los combustibles fósiles y con el cambio climático se hizo necesario el desarrollo de tecnologías limpias en donde se han permitido introducir medios no contaminantes

como fuente principal, en este caso una red compuesta por una batería, un motor eléctrico de propulsión, un generador, una transmisión mecánica y un sistema de control para impulsar este vehículo eléctrico. Además, los motores eléctricos son estructuras de manejo sencillo y se encuentran en diferentes dimensiones y peso, por lo que tienen una ventaja mayor frente a otros.

Tal vez la principal innovación que conlleva un proceso de implementación de vehículos eléctricos esté relacionada con los Puntos de recarga (Ríos, 2017). En efecto, para un óptimo funcionamiento de esta modalidad de transporte se hace indispensable, con el fin de facilitar la incorporación de los vehículos eléctricos en el país para las personas que quieran acceder a ellos, que se tengan acceso a puntos en donde puedan recargar sus vehículos teniendo en cuenta que para obtener una carga completa el motor necesita estar conectado un tiempo promedio de por lo menos 8 horas (Torres, 2015), por lo que se tendrá que tener en cuenta que los sitios dispuestos no tendrán las mismas condiciones que las actuales estaciones de gasolina. Una diferencia principal que se logra identificar en los trabajos de investigación en algunas ciudades latinoamericanas como es el caso de Cuenca en Ecuador, radica en que, por ejemplo, en los puntos de recargar en vías públicas se efectuará la recarga en caso de una insuficiencia de energía o para completar los niveles de carga óptimos para que el automóvil pueda funcionar. Esto se hace teniendo en cuenta que serán varios los vehículos que deberán hacer esas paradas para completar su suministro por lo que se propone privilegiar los sistemas de carga domiciliarios, de ahí la importancia de la elaboración conjunta de estrategias de movilidad.

Figura 10. Vehículo totalmente eléctrico (Dreamstime).



Nota. En la Figura se muestra un modelo de EV totalmente eléctrico que está conectado a una fuente de carga en una feria de exposición. Tomado de León y Salinas, (2018)

Otros puntos dispuestos para salvaguardar una escasez de batería serán adecuados en parqueaderos públicos o privados, con el fin de disminuir el tráfico y afluencia en las electrolineras que puedan instituirse en los diferentes puntos de una ciudad (León & Salinas, 2018) en donde será mucho más fácil y cómodo realizar este proceso. De acuerdo con los estudios llevados a cabo hasta el momento, mientras el usuario no esté usando el vehículo se llevará a cabo la recarga sin contratiempos y afanes, por lo que se busca optimizar el tiempo de conexión de los vehículos eléctricos. Las viviendas o edificios son la opción principal para realizar una recarga mucho más larga, ya que este permanecerá parqueado dentro de la residencia por el límite de tiempo que las personas dispongan, en la mayoría de los casos serán en las noches mientras descansan. Para completar los puntos de recarga se hace necesario introducir estaciones en donde varios vehículos eléctricos puedan tener acceso simultáneo para realizar su respectiva recarga en un tiempo considerable que evite el desgaste del motor garantizando su perdurabilidad y su mejor funcionamiento.

El Sistema de Carga: El Reto Principal del Modelo Europeo

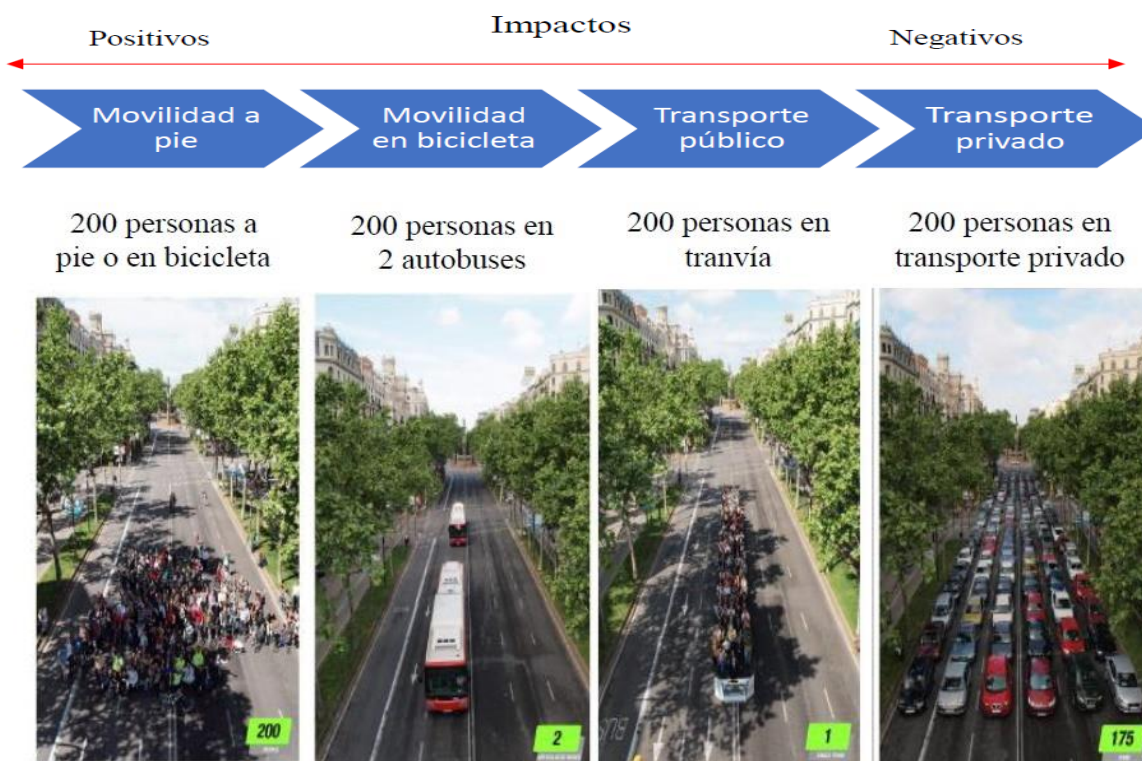
Es claro que los principales escenarios de desarrollo de la industria eléctrica automotriz ocurren en los lugares donde se encuentran las economías más fuertes del planeta. No es casualidad que las industrias de los países como Estados Unidos, La Unión Europea, Rusia, China o Japón sean quienes están impulsando la implementación de los sistemas de movilidad eléctrica. No es menor el detalle de que entre las naciones que impulsan y desarrollan la industria de los EV no aparece ningún país latinoamericano, lo que a las claras demuestra que esta región del mundo carece de protagonismo en el escenario en el que nos estamos ubicando.

Para el caso del continente europeo, los valores más llamativos están relacionados con la iniciativa de las naciones nórdicas por liderar e impulsar el desarrollo de la nueva tecnología automotriz, en comparación con el relativo rezago de las naciones mediterráneas que poco o nada han hecho en comparación de sus hermanos europeos. Esto se debe, obviamente, a la relación que se da entre las economías de los diferentes países que hacen que existan profundas diferencias a la hora de implementar nuevos sistemas basados en desarrollos tecnológicos relativamente recientes.

Algunos estudios como el adelantado por Berián (2018) en España hablan de la importancia de un sistema eléctrico de transporte para lograr la denominada “movilidad sostenible” que le permitirá al país la reducción de sus índices no solo de contaminación del aire, sino de dependencia del petróleo extranjero, porque la principal fuente energética al ser importado, limita la autonomía fiscal y hace que la economía de la nación española dependa de naciones extranjeras. Dado lo anterior, en esta

investigación se encuentran indicios que conducen a destacar el papel de la movilidad urbana como una alternativa de transición energética, pues es bien sabido que de la noche a la mañana no se van a cambiar los vehículos de combustión interna por los EV.

Figura 11. Relación entre formas de movilidad e impactos generados y demostración de la ocupación del espacio público por parte de los distintos modos de transporte.



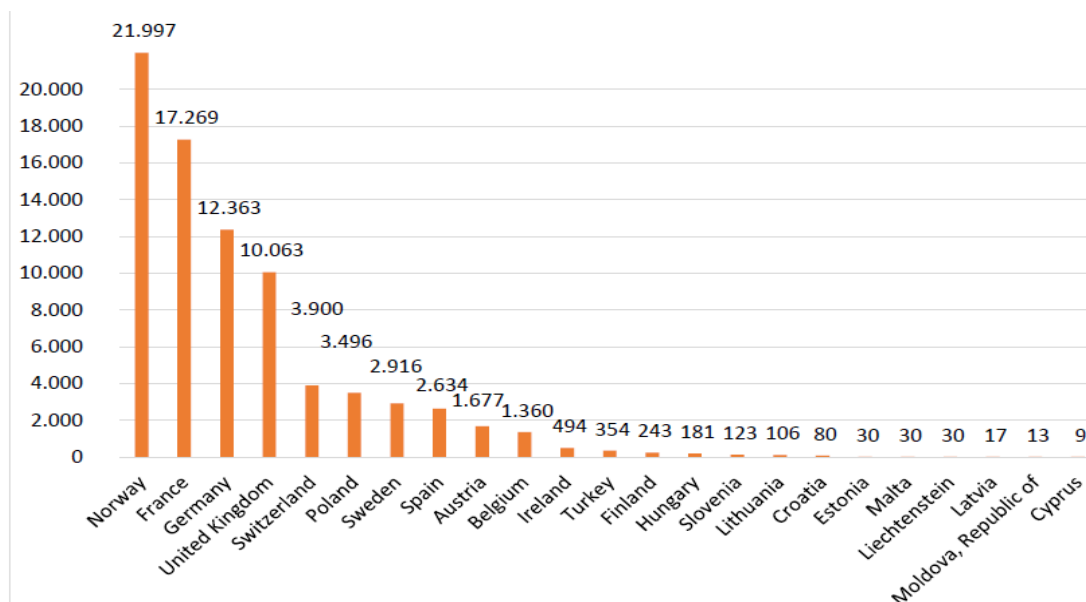
Nota. En la Figura se relacionan los distintos tipos de movilidad de acuerdo con la ocupación que hace cada uno de ellos del espacio público; a mayor número de vehículos particulares, mayor espacio utilizado por los automotores. Tomado de: Gil (2018)

Como puede observarse en la Figura 11 existe una proporción muy clara entre las formas de movilidad y de circulación que se pueden dar en una región o ciudad; mientras que 200 personas movilizadas a pie o en bicicleta, en dos autobuses o en un tranvía ocupan un espacio relativamente menor, este mismo número de personas movilizadas cada una en un vehículo particular ocupan un espacio significativamente

mayor con relación a las otras formas o modos de transporte, por lo que se ha visto una tendencia por impulsar el transporte eléctrico tanto público como particular.

Sin embargo, esta situación solo puede lograrse mediante la implementación de un modelo de transición que conduzca a nuevas formas de movilidad urbana donde el principal protagonista de esta nueva realidad en el transporte será el EV. Cumpliendo este propósito, y tal vez como uno de los rasgos distintivos más importante dentro del estudio adelantado por Berián, es que se aparta de los denominados vehículos de transición o vehículos híbridos para centrar su atención única y exclusivamente en la movilidad eléctrica. En efecto, para la investigación que desarrolló durante los años 2016-2018, resultaba significativamente relevante tener en cuenta los datos concernientes solo a este tipo de movilidad (2018). Teniendo en cuenta que, como se advirtió en un principio, existen otras formas de transición energética las cuales, combinadas parcialmente con la eléctrica, logran en algunos modelos disminuir (más no eliminar) la cantidad de combustible que requiere un vehículo y suplirla con un motor alterno de generación eléctrica. Berián (2018) sostiene que no tendrá en cuenta dichos vehículos que se conocen como “híbridos” en su investigación. Aunque no confirma la razón específica de esta delimitación, esta puede corresponder al hecho de que se considera a estas industrias híbridas como transiciones necesarias, pero poco permanentes, en el largo plazo dentro de la economía internacional.

Figura 12. Número de vehículos particulares eléctricos matriculados en Europa en 2015.



Nota. En la figura se evidencia la relación de EV particulares matriculados en diferentes países europeos en el año 2015, encabezan la lista en su orden: Noruega, Francia y Alemania. Tomado de Berían (2018)

Dentro de este análisis se encontró que el año 2015 presentó unos indicadores bastante significativos con relación a la matrícula de EV de la cual pudo destacarse que los países donde mayoritariamente se identifica un mayor número de EV matriculados son Noruega, Francia, Alemania, Reino Unido, Suiza, Polonia, Suecia, España, Austria y Bélgica, siendo estos los mercados en los que se ha presentado una venta de EV superior a las mil unidades, mientras que se considera que en las economías de los demás países de la UE (Unión Europea) esta incursión se encuentra en un período inicial o que todavía no ha empezado con su fase de desarrollo, por lo que se asume que el mayor interés de implementar un sistema de movilidad eléctrico recae en aquellas economías en donde el EV ha realizado una entrada importante en número de vehículos vendidos durante el año.

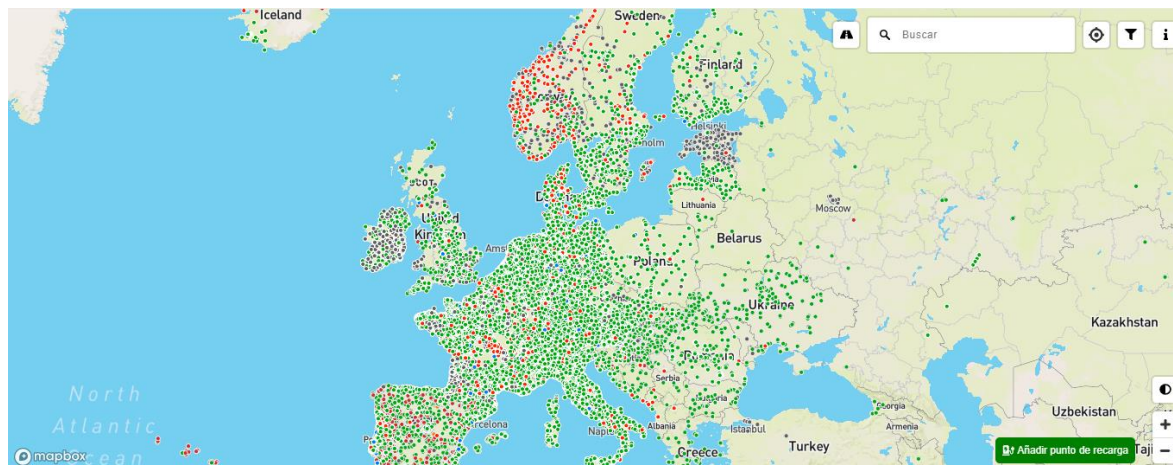
Desde este punto de vista se tiene que una de las características que se deben resaltar al considerar un modelo de implementación de movilidad eléctrica con corte

europeo es el impulso que se le debe dar a la adquisición por parte de particulares de los EV, teniendo en cuenta que estos son, en gran medida, los responsables de la generación de los GEI y disminuir su alta concentración, como se ha dicho más de una vez, es uno de los objetivos más importantes que se han trazado las naciones que integran la Unión Europea. Aún así, una de las cosas que más inquieta a los sectores relacionados con el tema del Cambio Climático en este conjunto de naciones es que el número total de EV matriculados durante el año 2015 no supera las cien mil unidades, mientras que el número total de vehículos particulares matriculados en los países de la UE supera los trece millones de unidades, lo que significa que en este año, de lejos, el mejor año para el mercado de los EV en la economía europea solo alcanzó menos del 1% del total del mercado por lo que si se quiere implementar un verdadero sistema de movilidad eléctrica que sea sostenible tanto energética como económicamente se debe abaratar el costo de la compra y adquisición del EV para hacerlo competitivo frente al vehículo de combustión interna.

Pero el indicador más importante y diciente de lo que ha sido la estructuración de un modelo europeo de movilidad eléctrica, como se identifica a lo largo de esta investigación, tiene que ver con los sistemas de carga. En la tarea de construir un sistema que sea sostenible resulta indispensable definir el papel que deben cumplir en este proyecto los “puntos de carga” que se convierten en un eslabón de la cadena fundamental a la hora de consolidar el sistema de transporte eléctrico como el principal entre los utilizados por los habitantes de una región o ciudad, es por ello, que uno de los elementos que más se ha fortalecido dentro de las naciones europeas es la implementación de una red eficiente de puntos de carga que facilite la circulación de

este tipo de vehículos no solo en los propios países sino incluso entre las naciones europeas.

Figura 13. Panorama de los puntos de recarga para vehículo eléctrico de uso público en Europa.

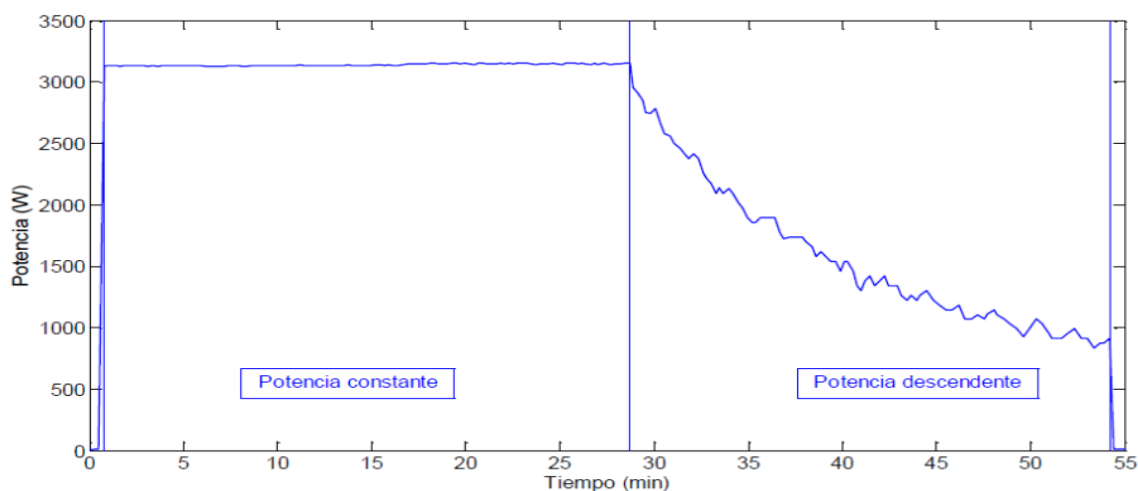


Nota. En la Figura se identifican con color verde los puntos de recarga que son de uso público en Europa. Una de las estrategias de mayor impacto es la implementación de estos puntos de recarga para incentivar el uso particular de este tipo de vehículos. Tomado de Electromaps, (2020)

Siguiendo este mismo punto de vista, el trabajo de investigación desarrollado por Hermana (2018) permite identificar distintos niveles asociados al tema de la adecuación de las ciudades en las cuales quiera implementarse o ponerse en funcionamiento un sistema eléctrico de transporte, dando a entender con esto que la red de suministro eléctrico para los vehículos es tan indispensable como los propios vehículos a la hora de hablar de la electrificación del transporte en las naciones europeas. En efecto, señala que la electrificabilidad de una flota de vehículos se convierte en una de las estrategias principales en la formulación de un modelo de consumo alrededor del EV, teniendo en cuenta, además, que las dinámicas del mercado tendrían variaciones con relación a la forma como se vienen dinamizando en este momento el sector de vehículos con funcionamiento en base a combustibles fósiles.

Dentro de los datos más importantes que se consideran en su investigación se propone que el impacto de la recarga de los EV debía ser analizada desde por lo menos las siguientes categorías: Batería, Impacto en Generación, red de transporte, red de distribución y centros de consumo, ya que sus dinámicas están implícitas en el comportamiento de una economía que se base en el uso masivo de EV (Hermana, 2018). Esto es muy pertinente, si se recuerda que en el mediano plazo la inversión que se realiza con la compra de un EV debería recuperarse con el paso del tiempo debido a la economía que significa para un usuario la adquisición de los repuestos del EV dentro de los cuales las baterías son el elemento que tiene una mayor propensión al desgaste. Es por esto por lo que un modelo de implementación de movilidad eléctrica necesita considerar el tema del suministro de energía como un campo fundamental para su desarrollo y su éxito.

Figura 14. Evolución de la potencia durante la recarga parcial de un Peugeot iOn.



Nota. La Figura evidencia el rendimiento de la potencia de una batería utilizada en un modelo de EV de la marca Peugeot donde se aprecia que el rendimiento disminuye después de la media hora de carga. Tomado de Hermana, (2018).

Como puede verse en la anterior figura donde se toma el rendimiento estándar de una batería de uno de los modelos de EV más comercializados en España durante

el año 2015 y podemos evidenciar su ejercicio de potencia durante un período de carga parcial. Es evidente que durante el período de máximo rendimiento la potencia de la batería permitirá el desarrollo óptimo del vehículo y que este irá decreciendo en la medida en que aumente su uso y conforme vaya acumulando horas de recarga y de descarga de la potencia con la que trabaje. El problema reside en superar la batería convencional de plomo-ácido (2018) por una más eficiente que permita no solo sostener el sistema eléctrico complementario de un carro sino prolongar su autonomía en su movimiento. Por lo que se decidió buscar un material que cumpliera con esta condición y se encontró una posibilidad muy importante en las baterías de Litio-ión que son las que se utilizan usualmente en los equipos celulares.

Tabla 5. Evolución de la densidad energética y otros parámetros en distintos tipos de baterías.

| Tipo de baterías recargables | Energía (Wh/kg) | Energía/volumen (Wh/litro) | Potencia/Peso (W/kg) | Número de ciclos | Eficiencia energética-% |
|--------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| Zebra (NaNiCl) | 125 | 300 | | 1.000 | 92,5 |
| Polímero de litio | 200 | 300 | >3.000 | 1.000 | 90,0 |
| Iones de litio | 125 | 270 | 1.800 | 1.000 | 90,0 |
| Níquel-Hidruro Metálico (NiMH) | 70 | 140-300 | 250-1.000 | 1.350 | 70,0 |
| Níquel Cadmio (NiCd) | 60 | 50-150 | 150 | 1.350 | 72,5 |
| Plomo-ácido | 40 | 60-75 | 150 | 500 | 82,5 |

Nota. En la tabla se relaciona los distintos tipos de baterías de acuerdo con categorías de rendimiento como la energía y la potencia que pueden alcanzar en una hora de trayecto. Tomado de Sáenz (2015)

Como puede observarse en la tabla anterior, la relación entre los distintos tipos de batería con base en su eficiencia las baterías de iones de litio alcanzan incluso un 90% de Eficiencia Energética, mientras la batería de Plomo-ácido alcanza solo un 82,5%. Con lo que se demuestra que no se trata solo de su capacidad de almacenamiento energético, superior a otros tipos de baterías, sino que tiene que ver

con el conjunto de valores que permiten que este tipo de batería sea la que mayoritariamente se usa en la industria de los EV. En ese mismo sentido, Hermana menciona también la importancia de definir un modelo de consumo para un EV (2018), en tanto las condiciones de carga particulares pueden diferir de las colectivas, al trasladar la problemática a los usuarios de los vehículos hay una importante disminución en los costos y puede crear figuras nuevas como estímulos a la instalación de puntos de carga particulares o disminución en la carga tributaria de quienes puedan financiar este tipo de modificaciones en su propio hogar.

Sin duda, uno de los principales aspectos que se destaca en esta investigación está orientado a considerar el tema de la generación de energía necesaria para sustentar un sistema completo de movilidad eléctrica en una ciudad, en una región o en un país que es una tarea mucho más exigente. Si todas las personas que tienen un carro con motor convencional adquirieran un EV no se tendría en la red eléctrica de ninguna nación europea la suficiente capacidad para cubrir la demanda de energía. Por lo que se hace absolutamente necesario e indispensable considerar cuál es la mejor forma de combinar los mecanismos de carga colectivos con los particulares.

En concordancia con lo expuesto el resultado de la investigación de Hermana (2018) se dirige a proponer como recurso la implementación de un proceso de gestión óptima de los puntos de recarga, entendiendo que la realización eficiente de este tipo de prácticas o de marcos de comportamiento facilitarían que la red eléctrica pueda sostener de forma eficiente el consumo de los cada vez más usuarios del transporte eléctrico. En un principio es importante consolidar la generación de energía, por lo que primero centra su atención en las centrales térmicas, para con base en ello, entrar a

definir luego algunos aspectos que pueden incidir en el desarrollo de la industria de los EV tales como organizar los períodos de carga para los usuarios particulares en horas de la noche, ya que corresponde a los períodos “valle” de consumo de la población en general.

Frente al tema de los cargadores el trabajo de investigación de Hermana (2018) la investigación propone que haya también una programación que permita hacer más manejable su uso, esto teniendo en cuenta que no existe un sistema de carga unificado entre los distintos fabricantes, además, se debe asumir que las condiciones de carga varían de un modelo a otro, por lo que es recomendable analizar muy bien el tipo de EV que entra en el mercado para poder comprender las características de los repuestos que se van a necesitar, principalmente de aquellos EV cuyo mantenimiento exija un cambio relativamente constante de algunas de sus partes.

Finalmente, en esta investigación también se considera que el sistema de recarga de los EV debe ser controlado para evitar desequilibrios en la red de abastecimiento lo que generaría una insuficiencia en el sistema eléctrico. Para evitar esta posible situación de crisis de suministro, puede manejarse desde un punto de vista preventivo si se logra establecer un modelo de intercambio de energía a través del establecimiento de un mercado de consumo colaborativo. En este tipo de modelo son relevantes el sistema de transacciones intradiarias que se proponen como una alternativa para lograr disminuir el impacto del consumo de energía en las recargas nocturnas (Berrián, 2018). La implementación de este modelo también exige la programación de las recargas entre los vehículos, así como unas consideraciones

acerca de lo que puede ser la implementación de una estrategia de mercado que consiste en una relación de V2V (EV+EV).

Es particular el caso de la investigación adelantada por Sáenz (2015) ya que centra su atención en la industria del mercado automotriz en Europa. Una vez hecho un rastreo por la aparición del EV y su ocaso durante más de ocho décadas, hasta su resurgimiento a finales de los noventa, propone que la fabricación de los motores eléctricos y la fabricación de las baterías, son los dos ejes principales en los que debe desarrollarse la nueva industria. Para este estudio son importantes aspectos como el rendimiento de las baterías de iones de litio, su materia prima y su precio final de consumo. Con relación al rendimiento de las baterías considera que son óptimas debido, entre otras cosas, a dos factores: su capacidad de almacenar energía y su autonomía (Sáenz, 2015). En ambos escenarios, el rendimiento de las baterías de litio es superior, salvo una condición. Para brindar un EV de autonomía durante 175 Km se necesita una batería de 140 Kg aprox. Para una autonomía de 400 Km se necesita una batería de 350 Kg lo que en definitiva no es viable. Este es el principal reto que el EV necesita superar al mediano plazo.

Frente al tema de las reservas de litio, el estimado de reservas de este material en el planeta indica que las reservas que quedan en el planeta se encuentran sobre todo en Argentina, Bolivia, Chile y China, si todo este litio se utilizara únicamente en este tipo de baterías se contaría con un potencial total de 2.500 millones de unidades de baterías, claro está, guardando una relación de 10 Kg de litio por unidad de batería (Sáenz, 2015), por lo que no es un asunto que parezca generar preocupación por el momento. De igual manera, estima que el precio de una batería de EV pueda disminuir

incluso hasta por debajo de los 300 dólares para el año 2030. Por otro lado, según las características particulares del mercado en Europa, la incidencia de las naciones europeas en el global de ventas anuales de EV en el año 2011 fue tan solo del 11%, ranking que es dominado por EE.UU. con el 38% del mercado, mientras que el continente asiático alcanza un 24% del total de la participación. Por lo que no duda en afirmar que esta es una de las situaciones que deben entrar a mejorarse en el escenario de la economía europea.

En la parte final de su investigación, reconoce aspectos positivos y por fortalecer de la electromovilidad. Sin duda, su mayor beneficio es el uso generalizado de una energía limpia que, al proponer una renovación de un sistema de transporte desgastado y obsoleto, permitirá nuevas dinámicas de mercado en tanto el personal técnico dedicado a atender los vehículos de combustión interna podrán comenzar ahora a capacitarse para transitar hacia otra forma energética. Por último, señala que una estrategia común y que ha parecido funcionar muy bien en las naciones donde se ha implementado evidenciándose en la mejoría en los niveles de comercialización de este tipo de vehículos es la de generar incentivos públicos por medio de las reducciones de impuestos o el apoyo directo sobre el precio final de compra, por lo que es importante destacar el caso de algunos países europeos como los países nórdicos (Noruega, Suecia, Finlandia, Dinamarca) o los países bálticos (Alemania, Polonia, Lituania, Estonia) en los cuales se han desarrollado escenarios de aplicabilidad bastante interesante para naciones que quieran conocer de qué forma desarrollaron puntualmente esta estrategia.

Desde otra perspectiva, es importante mostrar la forma cómo se han venido consolidando resultados importantes en investigaciones que abordan el caso del éxito de países específicos. Es así como en el estudio de Rieck, et. al, (2017) se toma como referencia el avanzado estado de desarrollo en el que se encuentra la implementación de EV en los Países Bajos. Como se ha señalado con anterioridad, los modelos de los países europeos resultan altamente exitosos sobre todo si tenemos en cuenta que se ha elaborado un conjunto de medidas que influyen de manera significativa en que se presente esta condición de avance con relación a países que pertenecen a otras latitudes. Dentro de este estudio cabe destacar la apropiación realizada por parte de los autores del modelo de movilidad eléctrica que tiene su principal campo de acción en las actividades portuarias de dicha región, además del impulso que ha recibido por parte de las entidades gubernamentales en lo que se ha señalado anteriormente como aportes en otros países: disminución del IVA, facilidad y acceso a los planes de pago, disminución o eliminación de los peajes Rieck, et. al. (2017), contribución para la compra de los insumos y desarrollo de las baterías que son fundamentales a la hora de pensar en la movilidad eléctrica como una opción concreta de transporte de carga, de pasajeros, público y, por supuesto, particular.

Es con base en estas consideraciones como se presenta el modelo de la

Figura 15, modelo que se denomina “Three technology disruptions and the Six Zero’s” (en inglés en el original) con el que buscan señalar, no solo las ventajas de la utilización de los EV, sino que también tienen una inclinación hacia la preponderancia del transporte público sobre el particular:

Figura 15. *Three technology disruptions and the Six Zero's*



Nota. En la figura se observa la relación establecida entre la tecnología de las 3 interrupciones (electrificación, automatización y conectividad) y los seis ceros (cero emisiones, cero energía, cero congestión, cero accidentalidad, cero vacío y cero costo). Tomado de Rieck, et. al. (2017).

En efecto, las consideraciones principales del estudio de Rieck, et. al. (2017) están orientadas hacia la explicación de este modelo. En esencia, proponen que las consecuencias de una utilización masiva y cada vez más consolidada del EV, como ha venido ocurriendo en los Países Bajos, permitiría enfocar el desarrollo de la tecnología motriz hacia un escenario en el cual haya un número de Cero emisiones de CO₂, responsable directo de la provocación de GEI. Es entendible, señala este estudio, que la motivación principal para el desarrollo de los sistemas de transporte eléctrico sea la disminución de la generación de este tipo de gases, con lo cual la industria de los EV resultaría definitiva para tal propósito.

Pero este no sería el único beneficio al cambiar los vehículos de combustión interna por vehículos principalmente eléctricos. Es necesario aclarar que los autores se ocupan de todos los tipos de EV existentes, Vehículos Híbridos, Vehículos Híbridos con

Batería Enchufable, dando preponderancia a los Buses eléctricos y al transporte de carga, Rieck, et. al. (2017). En ese mismo sentido, se busca que el EV tenga la capacidad de reducir la energía que libera, como en el caso del exhosto en los vehículos tradicionales de CI, por eso se habla de un transporte que desperdicia “cero” cantidad de energía. Para apoyar su investigación utilizan como ejemplo el adelantado en la estación de Apeldoorn donde “...La energía de frenado residual de los trenes entrantes se almacena en baterías y se utiliza para cargar rápidamente los autobuses urbanos eléctricos” Rieck, et. al. (2017, pág. 8). De igual forma, el EV estaría en la capacidad de permitir niveles de congestión cero, entendiendo que se podrían utilizar redes inteligentes de transporte siempre y cuando este sea un sistema principalmente eléctrico, lo que disminuiría el tiempo total de los viajes y podría situar el promedio de movilidad entre los puntos de referencias de las ciudades más importantes en una media de 30'. Mucho menor que los actuales. Utilizando el trabajo de Levina, et. al. (2017) señalan que la congestión se debe a que el número de pasajeros que transporta en promedio un vehículo particular es de 1.2, lo cual se optimizaría si el transporte fuera principalmente público y, excepcionalmente, particular.

Así podría decirse que se reducirían los niveles de accidentalidad ya que el sistema de transporte estaría siendo operado de una forma inteligente por lo que se hablaría entonces de “cero accidentes” Rieck, et. al. (2017). Para finalizar con la revisión de este estudio, es importante mencionar que el modelo de “Six Zero” también incluye la estrategia de “cero” vacío, que apunta al máximo aprovechamiento del espacio al interior del coche, cuando se tratan de vehículos de carga, o de viajes compartidos entre compañeros de trabajo, cuando se trata de EV particulares; y “cero” costo, haciendo referencia a la barrera fundamental para el acceso masivo de las

personas en el mercado del EV, su alto costo al momento de adquirirlo. Esto se compensa con el costo de funcionamiento de un EV, costo que, por lo demás tiende a bajar a cero entre más se utiliza el coche, en tanto, el costo de mantenimiento de un vehículo de combustión interna, como ha demostrado este estudio de investigación tiende a ser considerablemente mayor.

Tal vez la mayor preocupación con relación a la implementación de los EV en países europeos no esté relacionada ni con la consciencia ambiental, Levina et. al (2017), ni con el desarrollo de la tecnología suficiente que permita que las baterías, la parte más costosa de este tipo de vehículos, se fabriquen con un menor costo de operación; sino que pueda relacionarse con los datos que se encuentran en la *Figura 16*:

Figura 16. *Yearly global EV sale.*

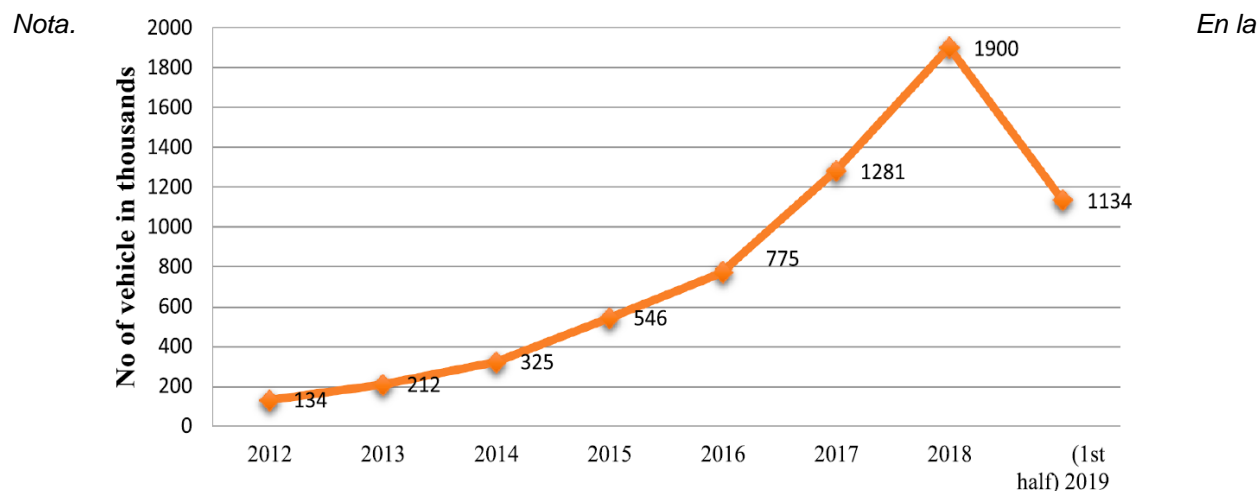


Figura se detalla la venta global de EV, donde se observa un significativo descenso en la venta de estos vehículos entre el año 2018 y 2019. Tomado de Singh, et. al. (2020)

Tomando como referencia lo anterior, se puede observar que hubo un descenso en por lo menos 700 millones de unidades de EV que dejaron de venderse en el mundo entero en el año 2019 lo que, a la luz de la investigación de estos autores, supone un declive significativo en un mercado que, por lo demás, se veía bastante prometedor. Así

que deciden centrar su estudio de investigación en la percepción del ciudadano como un potencial comprador de EV (Singh, Singh, & Vaibhav, 2020). Para ello, se centran en las intenciones que tienen las personas que tienen la opción de comprar un EV (CAVIE, por sus siglas en inglés). Desde esta perspectiva, destacan factores asociados al marketing, al precio, al contexto del consumidor, inclusive, mencionan la incidencia de los factores psicológicos como motivos centrales a la hora de decidirse por la compra de un EV.

A luz de esta investigación, se pueden establecer por lo menos dos grandes grupos de factores que inciden en el consumidor a la hora de inclinarse por un EV en lugar de un Vehículo tradicional de CI. Estos factores tienen sustento en una amplia literatura (son en total 211 artículos de investigación que se ocupan del tema y de aspectos similares), se pueden agrupar en 1. Factores demográficos; 2. Factores Situacionales; 3. Factores contextuales; y, 4. Factores psicológicos. Dentro del primer grupo, los investigadores, Singh, et. al. (2020) identifican los siguientes aspectos: factores individuales, dentro de los cuales podemos mencionar: la edad, el género, el nivel de educación, la profesión y el estado civil; mientras que con relación a los factores situacionales identifican, entre otros, los siguientes: si posee o no vivienda propia, la composición familiar, el número de niños, el número de vehículos, la licencia de conducir, y algo que no deja de llamar la atención, si pertenece o no a la corriente del partido verde, corriente que, por lo demás, se ha encargado de desarrollar una conciencia ecológica en bastantes ciudadanos con relación a los efectos del Cambio Climático y a la utilización de vehículos que dependan de combustibles fósiles.

Con relación a los factores situacionales, se identifican por lo menos cuatro variantes dentro de los estudios de investigación: ambientales, tecnológicos, financieros y de mercadeo. En la variante relacionada con el medio ambiente Singh, et. al. (2020) identifican que los consumidores optan por un EV, entre otras razones, por motivos asociados con la generación de GEI que ocasionan el Cambio Climático y sienten que pueden ayudar a mitigar un poco este impacto de la combustión de energía fósil, además, se identifican temas relacionados con el papel contaminante de las baterías, la sostenibilidad ambiental y las fuentes de energía. Por otra parte, con relación a la tecnología es tal vez el aspecto sobre el que más suelen fijarse los consumidores. En otras palabras, si bien existe una consciencia ambiental acerca del daño que se produce por comprar un vehículo tradicional de CI, el factor más decisivo a la hora de adquirir un EV está relacionado con su mayor desarrollo tecnológico, dentro de los cual no se duda en mencionar el rendimiento del vehículo con relación a la duración de la carga, la comodidad, la facilidad de uso, la seguridad, el silencio del motor, incluso, la generación de energía que puede ser reutilizada en otros vehículos, de transporte colectivo principalmente.

En un último momento reconocen los aspectos financieros como el alto valor inicial del EV que se compensa con el costo del mantenimiento, mucho mayor en vehículo de CI, así como la eliminación del consumo de combustible, variable que vendría a ser reemplazada por el valor del precio de KW/h ya que esta será la relación de gasto que tendrá que asumir ahora el consumidor. Los factores contextuales están relacionados con aspectos que no dependen directamente del consumidor, es decir, con el establecimiento de las políticas públicas gubernamentales que hacen que, en unos países, (desarrollados, ante todo) sea más asequible el tener un EV. Y, por último,

el factor psicológico, recoge matices dispersos en los anteriores, dentro de los cuales los investigadores reconocen aspectos como la actitud, la percepción, el nivel de riesgo económico y de accidentalidad, la emocionalidad, los antecedentes de consumo, la moral personal frente al cuidado del planeta y la influencia social como elementos que inciden a la hora de que un consumidor adquiera un EV. Concluyen que el reconocimiento de las características del potencial consumidor permitirá una expansión más efectiva del fenómeno del EV.

El último de los casos europeos que se va a mencionar es el del Observatorio “Energía e innovación” en España, auspiciado por la Real Academia de Ingeniería de España. En dicho material investigativo, el grupo de trabajo recoge una importante información que le permite elaborar uno de los contextos más pertinentes que puedan encontrarse con relación a los modelos de implementación, junto con sus características principales, en cada uno de los principales países europeos que tienen la intención de desarrollar la industria del EV. Asimismo, confieren a la recarga y a la cercanía entre cada uno de ellos, un porcentaje muy importante del éxito de la implementación de un sistema de movilidad eléctrica. Profundiza en este aspecto, señalando los beneficios o las ganancias que podrían repercutir en importantes ingresos para los empresarios que se aventuren en la tarea de invertir en el naciente sector económico de los EV.

Figura 17. *Conectores de recarga de vehículo eléctrico.*



Nota. En la Figura pueden apreciarse seis tipos distintos de cargadores eléctricos: (a) Schuko. (b) SAE J1772. (c) Mennekes. (d) Scame. (e) CHAdeMO. (f) COMBO. Tomado de Arcos, et. al. (2018)

Con la intención de mostrar el escenario económico de riesgo es que se propone como alternativa es una especie de inversión necesaria que deben realizar los empresarios comprometidos con el sector para lograr que cada vez más personas sean propietarias del EV. Solo de esta manera se pueden revelar algunas estrategias compartidas para lograr que la red electrificada pudiera ser un poco más sólida en la medida en que se va avanzando en el proyecto. En palabras prácticas lo que parece entenderse desde esta investigación es que el límite de lo que puede hacer en términos de optimización tecnológica para los EV está determinado por dos valores principales: el tiempo y el dinero que se tenga como base de inversión.

Es evidente que el sector público no tiene por sí mismo la capacidad suficiente, en términos de capital y en términos de infraestructura, de desarrollar los procesos de innovación necesarios que permitan consolidar la autonomía de los EV. Entonces, lo que se debe tratar es de buscar una combinación en las dos direcciones: lo que compete al sector público, en aspectos tales como la carga tributaria y la exención de impuestos sobre el valor agregado (IVA) de propiedad y de rodamiento; y la que les corresponde a las industrias privadas para la obtención de la tecnología. El problema que encuentra allí es el siguiente: la empresa que logre desarrollar la tecnología que

permita por ejemplo mejorar el rendimiento de las baterías, su capacidad de almacenamiento o su eficiencia en el funcionamiento, no querrá compartir con las otras este hallazgo o innovación que le permitiría a su compañía ser la pionera en el sector. Afortunadamente, existen bastantes compañías de diferentes países que están logrando diferentes avances que, aunque tarden en difundirse, pueden ir socializando sus nuevos modelos para, de esta manera, lograr cobrar réditos monetarios de su inversión en desarrollo e innovación.

Uno de los resultados concluyentes que arroja esta investigación es, en palabras de los autores: “Según las hipótesis consideradas, el desarrollo de una red pública de recarga de vehículos eléctricos presenta una rentabilidad dudosa”, Arcos, et. al. (2018), esto debido a que precisamente no hay la suficiente extensión de la industria de EV, en España específicamente, que permita justificar la inversión de los empresarios del sector privado en los puntos de recarga, debido a que la relación costo-beneficio en este momento no arrojaría resultados positivos en el sector, aunque como se ha mencionado ya con anterioridad, la reducción en el valor de la fabricación de algunas de las partes más costosas es una realidad que señalan otros expertos para sectores específicos dentro de esta industria.

Dentro de esta investigación también se considera que existen unos factores que han sido determinantes para el éxito del vehículo eléctrico y para que se consolide su despliegue a nivel nacional e internacional. Estos factores, como se ha demostrado durante la exposición de los resultados por parte de los autores del trabajo, están relacionados en primera medida con las características de las baterías con relación al volumen de los cargadores, al igual que destacan el cada vez más significativo ascenso de los denominados “cargadores rápidos” que acortan los tiempos de carga, pero

generan un altísimo consumo de electricidad y exigen de una potencia capaz de resistir esa enorme carga eléctrica en un lapso de tiempo considerablemente reducido. A pesar de las circunstancias, el impacto que han tenido dentro de la industria automotriz los “cargadores rápidos” ha sido muy positiva, tanto que ha permitido generar una nueva expectativa alrededor de la confianza que tienen las personas de que en un futuro no muy lejano pueda abarataarse el costo del EV.

Para finalizar, una de las conclusiones a las que llega esta investigación es que el precio es el principal condicionante para el desarrollo de la tecnología necesaria que permita la implementación de un sistema de transporte de movilidad eléctrica.

Eliminada ya la posibilidad de que los puntos de recarga sean públicos en su mayoría- sólo operarían de esta forma excepcionalmente- el interés recaería ahora en los puntos de servicio (en otros lugares las conocen como *electrolineras*) que equivalen a las actuales estaciones de gasolina: lugares en donde expenden electricidad para recargar la batería ya que el sistema de sustitución de baterías, una cargada por una batería vacía a modo de alquiler, no ha tenido un mayor éxito comercial, por lo que se crea un dilema al que no se debe dejar de prestar atención: si no existe un comercio sostenible de EV no se crearán los suficientes puntos de recarga y sin esos puntos de recarga es imposible mantener un comercio sostenible, por lo que se ha convertido para la industria de vehículos eléctricos en un círculo vicioso.

La Definición de una Política Regional: una deuda del Modelo Latinoamericano

Si existe una economía transnacional que puede verse afectada por la transición energética esa es la economía latinoamericana. Dependiente del petróleo, del Gas Natural y del Carbón en gran medida, la economía latinoamericana es poseedora de una parte muy significativa de las reservas de combustibles fósiles a nivel mundial, y de

las mayores reservas de litio, lo que hace que el efecto de abandonar los vehículos de combustión fósil sea de doble dirección: por un lado, afecta la producción interna bruta (PIB) de cada nación porque genera un efecto de desaceleración de la venta de barriles de petróleo, toneladas de carbón y M³ de Gas Natural a gran escala, mientras que, por otra parte, se genera en la región una resistencia hacia el cambio energético debido justamente a que los sectores económicos ligados al campo de los combustibles fósiles hacen difícil competir en un escenario medianamente neutral que garantice un espacio de confianza para el inicio de la industria de los automóviles eléctricos.

Tabla 6. Países de ALC con mayores reservas probadas de petróleo (millones de barriles).

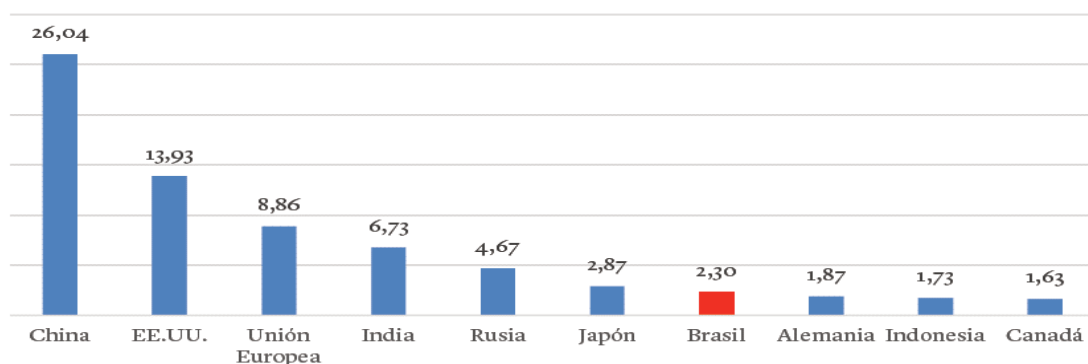
| País | 2017 | Tasa de crecimiento anual 2017-2000 |
|-----------|---------|--|
| Venezuela | 302.809 | 8,4% |
| Brasil | 12.634 | 2,4% |
| Ecuador | 8.273 | 3,6% |
| México | 7.219 | -7,7% |
| Argentina | 2.395 | -1,3% |
| Colombia | 2.002 | 0,1% |
| Perú | 1.187 | 1,6% |

Nota. En la Tabla pueden identificarse las reservas de petróleo con las que cuentan cada uno de los países latinoamericanos. Destaca el caso de Venezuela que tiene las mayores reservas de petróleo. Tomado de Rivera (2019).

Por lo que solo basta con echar un vistazo a la economía de la región para comprender que existe una conexión muy compleja entre el petróleo, el Gas Natural, el Carbón y América Latina. Específicamente con el petróleo, puede verse que las naciones que mayores ingresos reciben por el comercio del combustible difícilmente logran invertir en procesos de industrialización que favorezcan la innovación y el

desarrollo del sector energético. Ahora bien, América Latina sí posee buena parte de las reservas de petróleo y de su producción a nivel mundial, pero no es una de las regiones más consumidoras. En efecto, la región es vista más como una generadora de materia prima, antes que la encargada de realizar su procesamiento y refinación. Por lo que la incidencia de la región ALC en la generación de GEI no es significativa, aunque los países que la integran han expresado en varias ocasiones su compromiso con la disminución de las emisiones que hablan de la incidencia del consumo de combustibles fósiles en el Cambio Climático.

Figura 18. Mayores emisiones de GEI, 2014 (MtCO₂e).



Nota. En la Figura se aprecia cuáles son los países a nivel mundial que generan mayores emisiones de GEI. La lista la encabezan China y EE. UU. Tomado de CAIT (2018).

Como podemos observar de entrada, el caso de América Latina es bastante particular: no es un generador en potencia de GEI (aunque todos los ciudadanos del planeta en alguna medida somos parte de ese problema), pero sí es un fuerte poseedor de materia prima para la fabricación de combustible fósil. No posee la tecnología necesaria para procesar esa materia prima, para refinarla, por lo que tiene que vender ese recurso para adquirir tecnología o bienes de consumo que muchas veces implican el retorno de esa misma materia prima procesada pero más cara. Un ejemplo es el Litio.

Los mayores yacimientos están en América Latina y en China. Los recursos de esta región los explotan y los venden a precios bastante cómodos, pero no es América Latina donde se desarrollan los celulares ni las baterías para los EV. Este proceso se realiza en otros lugares. Lo que define de una manera muy clara cuál es el papel de la región en todo este asunto, bajo estas actuales condiciones, donde se explicita en términos competitivos un escenario de desventaja, ya que es imposible tener recursos que puedan invertirse en desarrollo de ciencia y tecnología, si al comprar la tecnología hay que pagar más de lo que se gana cuando se vende su materia prima, teniendo en cuenta que ambos recursos son interdependientes, tanto la materia prima como el conocimiento que permita su transformación.

Bajo estas condiciones el papel de América Latina no es tanto el de plataforma tecnológica, sino que se convierte más bien en un espacio de comercio y de consumo. Sin embargo, en términos de mercado el principal obstáculo que enfrentan los EV es su alto costo en comparación con el vehículo de combustión interna. A la par de que la idea o el concepto que se propone al poseer un vehículo eléctrico aún no ha sido lo suficientemente divulgado o puesto en circulación por parte de las instituciones que deberían encargarse de esta tarea. Es posible que detrás de la resistencia cultural, económica y administrativa que se experimenta frente a los EV se encuentren los intereses económicos, no solo de las grandes empresas petroleras ya que la mayoría son megacompañías internacionales, sino de los sectores políticos que coadyuvan con su gestión a que administrativamente el sector minero-energético goce relativamente en la región de grandes exenciones y sean pocas las contribuciones en materia de responsabilidad social empresarial que asumen estas compañías.

Esta realidad sumamente compleja, en la cual se cuenta con la materia prima pero no se cuenta con la tecnología para su transformación, lo que obliga a terminar vendiéndola sin que a cambio pueda recibirse ni el conocimiento ni la capacitación que permita moldearla en las fronteras de la región, muestran que tal vez el punto de mayor vulnerabilidad, la mayor debilidad que tiene la implementación de un sistema de transporte eléctrico es que no existe un proyecto de región, por lo menos no tan claro ni del mismo peso que el que puede llegar a tener la Unión Europea.

En efecto, buena parte del progreso que ha tendido Europa en los últimos años que le ha permitido ser protagonista de las decisiones más importantes en el mundo se deben a la integración de sus naciones y a la eliminación administrativa de sus fronteras: un ciudadano europeo puede desplazarse sin restricción por toda la nación europea. Lo mismo no ocurre en América Latina a pesar de compartir aspectos tales como el idioma es muy difícil pensar que puedan darse proyectos transnacionales como el Eurotúnel que une la parte continental de Europa con la insular, ni mucho menos que pueda aspirarse a ser los pioneros en la innovación de aspectos tecnológicos propios de los EV tales como las baterías o aspectos aerodinámicos de las carrocerías.

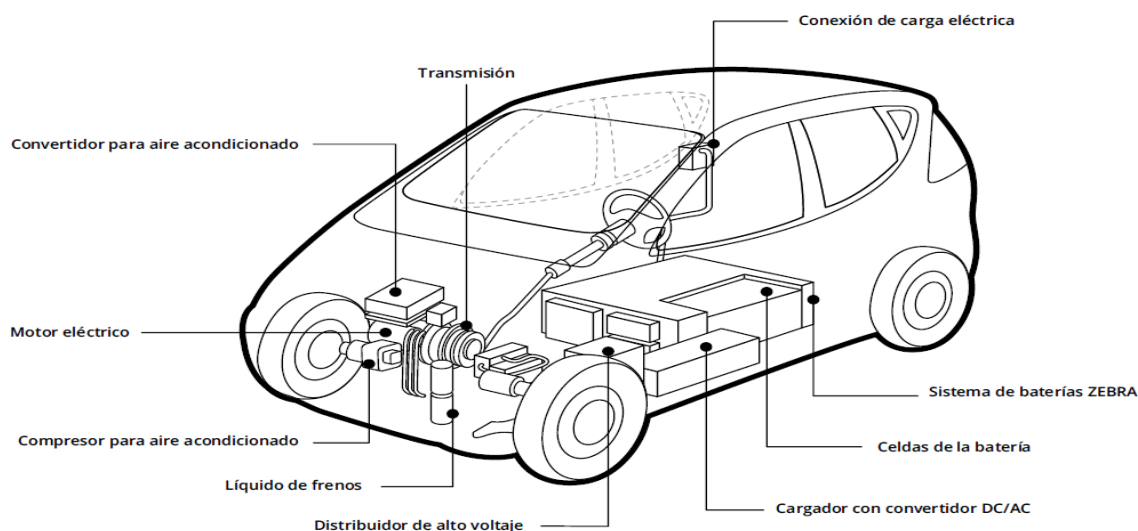
Una vez planteada esta breve panorámica en el sector, la idea es revisar algunas investigaciones que nos permitan comprender mejor el estado de la implementación de un sistema eléctrico de transporte en América Latina y las razones de porqué presenta actualmente el estado de progreso que hasta la fecha presenta buscando, sobra decirlo, contribuir en esa inmensa tarea que es la búsqueda de la implementación de un sistema de transporte que permita mitigar de forma contundente el número de emisiones que cada una de las ciudades latinoamericanas ofrecen como aire respirable

a sus habitantes. Como se ha demostrado, en este objetivo, resulta fundamental comprender el papel que juega el sector del transporte eléctrico. Una de las constantes más recurrentes en distintos estudios es la preocupación por comprender el objeto de investigación que va a ser tema de análisis, por ende, se tiene una buena cantidad de artículos de investigación publicados en un sinnúmero de universidades que hablan acerca de la naturaleza del EV, de su historia, principales características y distintos tipos o modelos de circulación. En esta línea el artículo publicado por De la Herrán (2014) se enmarca en la dirección de explicar con bastante simplicidad y brevedad lo que en esencia es un EV, así como las repercusiones que traería tanto para la economía como para la industria su eventual implementación en alguno de los países de nuestra región.

El principal problema que demanda es el costo final del vehículo, ya que en la región la mayoría de ciudadanos no cuenta con los recursos para comprar un EV cuyo valor promedio se acerca a los U\$30.000, encarecido por la conversión de la moneda particular de cada nación, sino que también por el problema del suministro de carga porque es bien sabido que no existe una red amplia ni consolidada en ninguna de las ciudades de América Latina que permita aducir que existe un sistema de transporte eléctrico implementado hasta cierto porcentaje, por lo que el terreno que hay que labrar en este sentido es inmenso. Esa es una de las debilidades que parecen identificarse sin precisarse como tal, pero si dejando en el aire un aura de su insinuación, no existe entre la ciudadanía de América Latina ni la misma formación promedio que la europea, ni mucho menos su mismo grado de compromiso ambiental. Como pudimos observar en su momento al analizar el modelo europeo, a la par que se generan estrategias de mercadeo e innovación para posicionar al EV como la principal opción de movilidad

eléctrica, se crean también estrategias que permitan incidir en la mentalidad de las personas para que asuman un compromiso real de ayudar a frenar el cambio climático. Sin duda, al comprar un EV se está ayudando a salvar el planeta.

Figura 19. Modelo de automóvil eléctrico.



Nota. En la Figura se relacionan las partes de un modelo de EV. Una de sus comodidades tiene que ver con el bajo nivel de ruido debido a la eficiencia de su motor. Tomado de De la Herrán (2014)

En esa misma línea de corte ilustrativo, pero con un enfoque técnico orientado hacia la comercialización y el mercadeo del producto, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) publica un artículo a partir del cual, bajo la dirección de un equipo de investigación trans y multidisciplinario, define una ruta a seguir por parte de las naciones que conforman la entidad para implementar un sistema de transporte eléctrico. Desde las primeras de cambio se percibe que la tarea de América Latina en la carrera por hacer que el transporte público masivo y particular sea eléctrico es asumir el costo de su desarrollo. No obstante, definir de una manera muy acertada los principales retos para el mercado dentro del contexto latinoamericano, entiende que el costo es no solo el principal obstáculo sino la condición a la que deben adaptarse las naciones

emergentes como las latinoamericanas que carecen de un desarrollo en innovación científica y tecnológica que permita desarrollar con autonomía un sistema de movilidad eléctrica autónomo e independiente.

De igual forma, identifica dentro de los retos no solo el factor costo, sino que también se encarga de comenzar la discusión acerca del tema fundamental de la infraestructura del sistema de carga. La principal preocupación curiosamente es un factor psicológico que se ha denominado “ansiedad sobre el alcance”. En pocas palabras, consiste en el temor del conductor de quedarse varado en la mitad del camino. Este fenómeno fue combatido en Europa por medio de la implementación de puntos de carga masivos cada cierta distancia y en lugares estratégicos. Es evidente que este no sería como tal el caso del continente latinoamericano ya que, si bien la intención del mercado está orientada más hacia el consumo y sin duda hay en esta parte del mundo personas con la capacidad de adquirir y mantener el funcionamiento de un EV, ese grupo de personas es mínimo y reducido, por lo que uno de los retos sin duda es abaratar el costo del EV para que se haga masivo su uso entre los particulares que pueden adquirir auto.

Tabla 7. Comparación de precio de venta (no incluye impuesto) entre EVs y ICEVs.

| CLASE DE EV | VEHÍCULO ELÉCTRICO | | | VEHÍCULO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA | | | RECARGO DEL PRECIO |
|-------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|--------|-----------------------|--------------------|
| | FABRICANTE | MODELO | PRECIO DE VENTA (USD) | FABRICANTE | MODELO | PRECIO DE VENTA (USD) | |
| HEV | Toyota | Avalon Hybrid | \$36.470 | Toyota | Avalon | \$32.285 | 12,9% |
| | BMW | Active Hybrid 5 | \$61.650 | BMW | 528i | \$49.750 | 23,9% |
| | Honda | Accord Hybrid | \$29.155 | Honda | Accord | \$21.955 | 32,8% |
| PHEV | Chevrolet | Volt | \$34.170 | Chevrolet | Malibu | \$22.340 | 52,9% |
| | Honda | Accord Plug-in Hybrid | \$39.780 | Honda | Accord | \$21.955 | 81,2% |
| BEV | Mitsubishi | i-MiEV | \$22.995 | Mitsubishi | Mirage | \$12.995 | 76,9% |
| | Chevrolet | Spark EV | \$26.670 | Chevrolet | Spark | \$12.270 | 117,3% |
| | Nissan | Leaf | \$29.010 | Nissan | Versa | \$11.990 | 141,9% |

Nota. En la Tabla se muestran las marcas que fabrican los distintos tipos de EV y su precio de venta en dólares. El EV más costoso lo fabrica BMW. El EV más económico lo fabrica Mitsubishi. Tomado de BID (2016)

Como puede observarse en la tabla anterior, el costo de un EV es bastante alto con relación al vehículo de combustión interna en casi todas las marcas y en casi todos los modelos. El tema de los costos es uno de los aspectos, como se mencionó con anterioridad, en los que centra su atención el estudio del BID (2016), debido a que su propuesta central consiste en lograr la disminución del precio final de venta que se dirige al comprador. Para ello y con base en los estudios consultados como insumos para esta investigación, se propone por el banco un sistema de exenciones y de estímulos para el sector que recaen en la formulación de políticas por parte de los estados nacionales. Por lo que para el estudio es importante identificar cuáles han sido los estímulos que se han entregado en el marco de las políticas públicas para el sector en distintos niveles: financiero, no financiero, para la infraestructura de carga y de impacto ambiental con la intención de reconocer dentro de la misma promoción de

industrias locales qué aspectos o elementos de los ya señalados incide de forma positiva en el sector de la industria de EV en los países de la región.

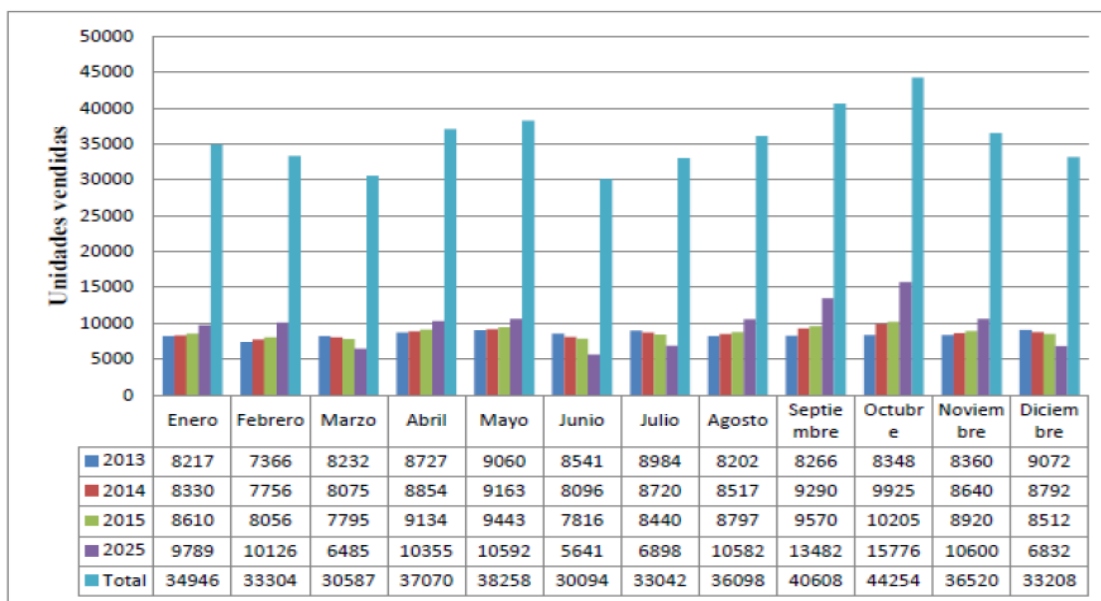
Vale la pena mencionar dentro de este sistema de exenciones y disminuciones de impuestos, emulado prácticamente del ya establecido en algunos de los países europeos, que pueden entrar a jugar otro tipo de estímulos que en la investigación que nos ocupa denominan como “no financieros”. Se reconocen tres estrategias principales que podemos mencionar en el marco general de nuestra investigación: primero, un permiso para utilizar los carriles exclusivos para autobuses, carriles de alta ocupación (HOV por sus siglas en inglés) o carriles exclusivos para vehículos eléctricos; en segundo lugar, se reconoce la exención de las restricciones de vehículos, como en las restricciones de placas una posibilidad para favorecer y estimular la industria del transporte eléctrico en la región. Por último, se menciona el estacionamiento exclusivo como una estrategia que ha arrojado resultados muy interesantes en los países en los que se ha implementado.

En un segundo momento puede reconocerse una tendencia investigativa por buscar estrategias, modelos o esquemas de implementación del transporte eléctrico en distintas entidades, regiones, instituciones. Se pretende que la academia primero entienda el fenómeno de estudio para poderlo comprender. Es así como se habla de los estudios de una obra como fundamentales en su ejecución. Un sistema de transporte eléctrico requiere de un conjunto de discusiones teóricas y académicas que deben darse a la luz de lo que han sido las experiencias de países que han implementado modelos exitosos. Por lo que se ha buscado en trabajos de investigación como el

elaborado por Vélez (2017) analizar aspectos muy específicos y concretos de un posible escenario de implementación de EV en la ciudad ecuatoriana de Cuenca.

Se destaca que dentro de las investigaciones desarrolladas en América Latina se busca abordar profundamente el tema de la reflexión que genera el impacto ambiental generado por la emisión de GEI, así que muchas de ellas quieren dar respuesta al por qué es importante empezar a plantearse en los países de nuestra región de manera muy concreta la posibilidad de implementar sistemas de transporte eléctrico. Para ello, se contrasta el parque automotor actual, su nivel de consumo y de funcionamiento para compararlos con los costos que bajo esas mismas condiciones en el largo plazo podría generar la implementación masiva del sistema de carga eléctrico.

Puede reconocerse como uno de los temas fundamentales de la investigación el impacto favorable que tendrían aspectos relacionados con la economía, el medio ambiente, la emisión de GEI, por lo que caracterizar el contexto latinoamericano en el marco de esta crisis mundial del ambiente ha sido uno de los retos más constantes que han enfrentado los investigadores latinoamericanos y en ese intento se ha podido constatar que no existe en América Latina aún una cultura afianzada con relación al uso de los combustibles fósiles, es más, una de las formas de la economía es el contrabando de gasolina sin ningún perjuicio del daño ambiental que esto genera.

Figura 20. Ventas de vehículos livianos mensual proyección 2025.

Nota. En la Figura se presenta una proyección de ventas de EV en Ecuador mes a mes hasta el año 2025. Tomado de Vélez, (2017)

Como puede observarse en la anterior figura, la expectativa del sector económico de la industria eléctrica automotriz en un país relativamente pequeño como el Ecuador le repercutiría una dinámica de por lo menos 5000 EV al mes en el año 2025 en el caso de que se lograra una conversión del sistema de transporte masiva en esta nación bolivariana. De igual forma, los números más esperanzadores hablan de que podría haber escenarios incluso en los que se reportarán hasta 16000 vehículos vendidos, para manejar un promedio de 100000 autos vendido durante un año. Lo que significaría que para alcanzar la cifra del millón de EV en su sistema de transporte en el caso del Ecuador deben pasar primero 10 años.

Al revisar el tipo de EV disponibles en el mercado ecuatoriano se encuentran un total de siete modelos de distintas marcas, entre las cuales destacan Nissan, KIA, Toyota y Renault. Los costos oscilan entre los U\$16000 en los modelos más sencillos,

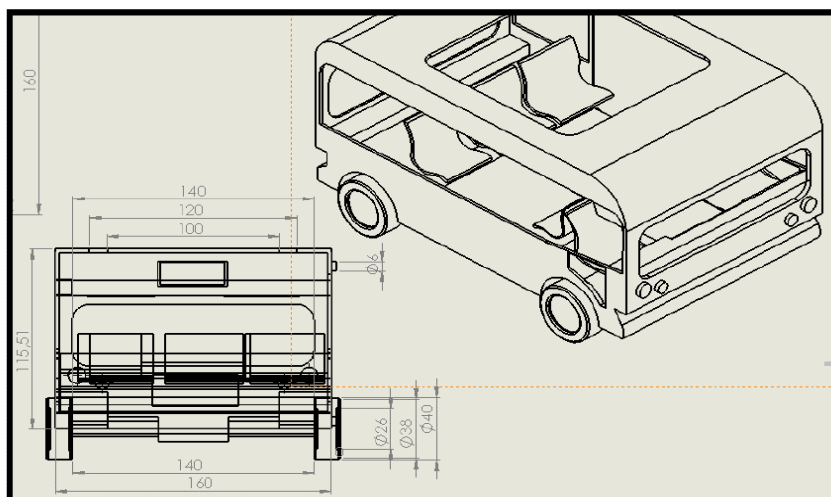
hasta llegar incluso a los U\$48000 en los modelos más desarrollados que involucran aspectos de la última tecnología que se encuentran en la región. En ese mismo sentido, llama la atención el reconocimiento que realiza de los puntos de carga como uno de los aspectos claves que determina en gran medida el éxito o el fracaso de la implementación. Tiene en cuenta los puntos de carga de corriente alterna y de corriente continua para señalar cuál de las dos resulta más eficiente en la carga de los EV, al igual que no olvida mencionar la relación entre los sistemas de carga públicos y privados. Retoma también el hecho de cargar el vehículo durante el tiempo que dure apagado, es decir, en las noches y cuando esté en el parqueadero, por lo que en estos lugares también podrían adecuarse puntos de carga rápida para hacer eficiente el uso del convertidor eléctrico.

Es importante mencionar que Vélez (2017) destaca en todos los cálculos una mayor rentabilidad y eficiencia después del mediano plazo de los EV. Esto está determinado claramente por el valor inicial del vehículo que supone un lapso de por lo menos 5 años antes de poder recuperar la inversión y hacerla competitiva frente a la que se realiza con los vehículos de combustión interna. Este factor también viene condicionado por el impacto económico y socioambiental que traería consigo la introducción del EV, no solo en los aspectos comerciales, sino en lo que tiene que ver con los beneficios ambientales que sin duda harían de cualquier ciudad latinoamericana una metrópolis competitiva en el estándar de su calidad del aire lo que redundaría en el hecho de que aspectos como las enfermedades respiratorias que se atienden en un año deberían comenzar a reducir sus índices de afectación a la población en general.

Pero tal vez el mayor atractivo que se le reconoce a esta industria dentro del estudio de este autor es la migración que haría el personal que se ocupa del mantenimiento y del funcionamiento de la industria de los vehículos de combustión interna -que en la actualidad genera un número significativo de empleos directos e indirectos con lo que se hace, como es evidente, más complejo cualquier intento de conversión en el sector-, hacia el empalme, desarrollo y consolidación de la nueva tecnología lo que permitiría que, bajo el esquema de la cualificación y capacitación del personal a cargo, el sector automotriz pueda ser el que se encarga de manejar las condiciones de la conversión garantizando así que no haya pérdida masiva de los empleos, todo lo contrario, la adecuación de las estaciones de carga eléctrica (electrolineras), su operación, sumado al sistema neumático de los automóviles, harán que se requiera de una mano de obra significativa que garantizará la vigencia del sector.

Para finalizar este apartado dedicado a las investigaciones que se han adelantado en el panorama latinoamericano, vamos a tener en cuenta un estudio final que muestra un escenario similar: las consideraciones técnicas, administrativas, políticas, económicas y tecnológicas que se hacen fundamentales en el desarrollo e implementación de un sistema de transporte eléctrico. Se trata del trabajo de investigación adelantado por Freile y Robayo (2016) en donde se plantea como objetivo el estudio de la factibilidad para el pilotaje con medios eléctricos de transporte en una zona muy delimitada y concreta, similar al modelo anterior de Cuenca: el Centro Histórico de Quito.

Figura 21. Vista posterior del diseño del prototipo EV.



Nota. En la Figura se puede apreciar la vista posterior de un prototipo a escala de un EV que cumple una función de atracción turística. Tomado de Freile y Robayo, (2016)

Una de las apuestas que más llaman la atención de esta investigación es que proponen la posibilidad de que el transporte eléctrico que se implemente en una ciudad como Quito, primero, se haga por sectores con la intención de que a través de esta estrategia se distribuyan y organicen los puntos de carga sobre los que podría sostenerse eventualmente la siguiente fase de la movilidad eléctrica. El sector que sirve de contexto para el análisis de la problemática por parte de los autores es el turismo. Consideran óptimo, entre otras cosas el EV ligado con el tema del turístico no solo por lo que tiene que ver con las emisiones de GEI, sino por la disminución de los niveles de ruido a los que contribuyen los EV debido al nuevo funcionamiento del motor eléctrico, mucho más silencioso. Estas características, especialmente la de su favorabilidad con el medio ambiente, hacen del EV una alternativa sumamente llamativa para la exploración desde el punto de vista turístico del Centro Histórico de Quito, zona especialmente sensible a la que se debe procurar un especial cuidado debido a su

patrimonio arquitectónico y en términos de la contaminación auditiva, debido al alto número de personas que circula diariamente por todo ese lugar.

Este tipo particular de condiciones facilitarían que uno de los primeros sectores que utilizaría una red eléctrica de transporte sea este sector en específico, lo que se convertiría en una nueva característica del modelo latinoamericano del transporte eléctrico: la sectorización como estrategia para su incursión en el mercado. Pero lo que define el trabajo de Freile y Robayo (2016) es el aporte principal de la investigación, un prototipo desarrollado como EV (*Figura 21*). En efecto, esta circunstancia permite que se ponga en evidencia la capacidad de innovación y desarrollo que puede llegar a darse en las universidades latinoamericanas en el terreno de la implementación de un sistema de transporte eléctrico. Para sus creadores, también permite que haya un contacto más directo entre el turista y el patrimonio inmaterial de la ciudad de Quito a la par que se implementan estrategias del cuidado del aire y del Medio ambiente.

Implementación del Vehículo Eléctrico en Colombia: el Desafío de su Innovación Y Desarrollo

Con relación al estado actual de la implementación del sistema de transporte público en el caso colombiano lo primero que se debe mencionar es que esta realidad no es muy distante de la que se da en el marco general del modelo latinoamericano: es una implementación limitada, no existe una mayor consciencia ambiental entre los habitantes de la nación y hay una fuerte dependencia de varios sectores económicos ligados a las formas convencionales del uso del transporte, es decir, a los vehículos de combustión interna, lo que impide que se hable con presencia política, económica, tecnológica y administrativa del problema que significa mejorar en este aspecto de la

implementación de un sistema de transporte eléctrico. La mayoría de las veces los estudios de investigación se dirigen a elaborar un estado del arte, reseñar alguna investigación que podría convertirse en algo más interesante si alguna compañía que nunca va a aparecer invirtiera en su innovación. Si miramos el presupuesto destinado a Ciencia y tecnología del PIB de Colombia en el año inmediatamente anterior comprenderíamos sin duda la realidad de la nación y en sí la perspectiva de América Latina frente a esta cuestión.

Sin embargo, no se trata de ser derrotistas ni de quedarse solamente en la protesta, sino que se debe pasar a la propuesta, es decir, ¿qué debemos hacer?, ¿cuál debe ser el papel de América Latina en la implementación de un sistema de transporte universal que permita de una vez por todas acabar con la emisión de GEI debido a la quema de los combustibles fósiles para efectos del transporte? Es un reto bastante complicado. Un pensamiento simple diría que las nuevas tecnologías que desarrollen en Europa, Asia o Norteamérica necesitan comercializarse para convertirse en una industria sostenible, por lo que tendrían que venderse en alguna parte y ese pudiera ser el papel de América Latina, el de comprador de la innovación y de suministrador de recursos materiales y fiscales. Sin embargo, es sabido también que los recursos per cápita de los países de la región no garantizan que se pueda cumplir este rol con suficiencia debido a que presenta algunos de los casos más fuertes de desigualdad lo que hace que la concentración de la riqueza se dé en unos pocos habitantes que eventualmente comprarían un EV como un lujo y no como una necesidad.

Así que la mirada se dirige al sector público que es el único que puede auspiciar un tipo de inversión con suficiente solidez para efectuar grandes obras de

infraestructura e implementar una industria tan, en potencia, renovadora como la de los sistemas de transporte eléctricos. Es allí cuando se dan las denominadas “alianzas estratégicas” o supersociedades creadas transitoriamente durante la ejecución de una obra por varios proponentes, que anteponen intereses privados y se han mantenido con la hegemonía en el sector a partir de la ejecución de grandes megacontratos con los cuales es muy difícil que una nueva industria como la de los EV ingrese en la economía colombiana sin que se haya consolidado primero internacionalmente, en otras palabras, si ingresan al mercado es a vender y el precio de un EV aún no es competitivo frente a un vehículo nuevo de combustión interna o uno usado, práctica frecuente entre las clases medias de la nación.

Una vez planteado este panorama, entraremos a mirar cómo en este último caso de nuestra investigación, el caso colombiano, se plantea el reto de la innovación y el desarrollo como la salida estratégica ante la pregunta de cuál debe ser el papel de la industria automotriz en Colombia y en América Latina. Debe ser este y no otro, principalmente y entre otras cosas, porque la región posee reservas de materia prima que permitirían hacer sostenible un proyecto de reconversión hacia el uso de la energía eléctrica. Pero descargar esta tarea en los ciudadanos es obligarlos a hacer un esfuerzo abismal. Así que lo más recomendable es priorizar el sector público.

Desde esta perspectiva quizá la primera documentación que debe mirarse en cualquier ejercicio investigativo en Colombia sea la normativa. Existe un temor por incurrir en lo ilegal que se hace visible de manera expedita. También se debe a que el conocimiento de la norma permite que puedan filtrarse situaciones debajo de ella. Por lo que detrás de toda normativa siempre existe un deseo de evasión que lleva a

incumplirla. La dificultad por realizar grandes proyectos de transporte eléctrico condena a la nación a seguir atada al vehículo de combustión interna. El reemplazo del proyecto de Ferrocarriles Nacionales por el de tractocamiones que se movilizan a base de Diésel generó el desarrollo principalmente comercial y técnicomotor de un solo sector, mientras que los trenes, los metros o los tranvías se quedaron rezagados en el recuerdo y como parte de una historia que se quería reemplazar por el automóvil de gasolina.

En esta discusión el primer documento que se considera pertinente tener en cuenta es la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (2018) emanado por el Gobierno de Colombia a través de sus ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Minas y Energía y Transporte. En dicha propuesta, se traza una ruta que puede ser útil para el sector en la medida en que aún está en etapa de iniciación dentro de la economía de la nación. En dicho documento, se exponen las condiciones de lo que sería la posible ruta del EV en Colombia durante los próximos años y que permitirán tener, según estimaciones (Ver *Figura 9*), alrededor de 200000 nuevos EV en el mercado cada año.

Bajo esta premisa, define una serie de retos en distintos sectores de la implementación, con la intención de permitir o favorecer su adecuado desarrollo y afianzamiento. Estos retos se dan en los sectores regulatorios con relación a la definición de políticas por parte del estado colombiano; retos a niveles económicos y de mercadeo, esto con relación a la desconfianza que puede generar la novedad del EV; retos a nivel técnico y tecnológico que tendrán que ver sobre todo con el funcionamiento y mantenimiento de los EV junto con la adecuación y manejo de los puntos de recarga; por último, existen retos a nivel de planeación, infraestructura y

ordenamiento territorial de acuerdo con la dimensión que requiera la implementación que se vaya a ejecutar en cualquier lugar del país. En general, se propone una serie de instrumentos para cada uno de esos retos que se identificaron en la primer parte del documento, pero se trata sobre todo de normatividad y legislación para el sector, delegación de metas o de funciones en cada una de las dependencias de los diferentes ministerios, en donde se mencionan entre otros, aspectos como indagación de posibles deducciones o exenciones que permitan impulsar la venta de EV, así como de procesos regulatorios propios de la organización administrativa en Colombia, como por ejemplo la Revisión Técnico Mecánica que tendrá que ser actualizada y ajustada a la nueva realidad del EV.

Es otra la perspectiva que se desarrolla en el estudio de investigación adelantado por Ríos (2017) ya que se presenta, además de una juiciosa revisión de la clasificación, funcionamiento y aspectos legales de la industria de los EV, un modelo de implementación en Colombia que recoge los aspectos destacados de las experiencias más exitosas en distintos lugares, así como las estrategias que se han desarrollado en otras naciones y que han generado efectos positivos, susceptibles de ser implementadas en el contexto colombiano siempre y cuando respondan a la realidad de la economía de la nación.

En ese mismo sentido, la dirección del análisis que propone Ríos (2017), la lleva a señalar que el punto de partida de la implementación de un sistema es determinar mediante un estudio técnico cuántas personas estarían dispuestas y en capacidad de adquirir un EV. De igual forma, expresa que el verdadero beneficio que está detrás de la implementación es que se logre mitigar el efecto de los GEI en la actual guerra que

se mantiene contra el Cambio climático, por lo que se hace indispensable que a la par de que se implementan estrategias de tipo económico, también es importante que se puedan generar espacios de construcción de una consciencia colectiva alrededor de la importancia de lograr que muchas más personas tengan la intención de comenzar a revertir el fenómeno que puede elevar la temperatura del planeta comprometiendo todas las formas de vida.

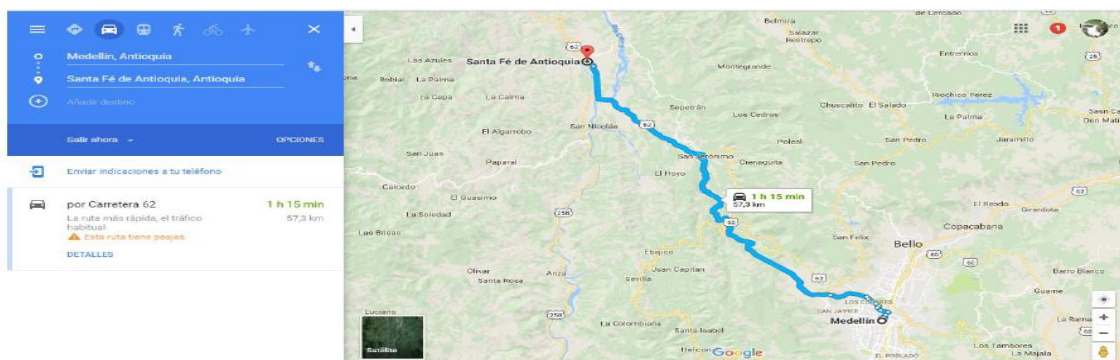
En igual medida, señala que la mayor dificultad que preside el posicionamiento de la industria de los EV en Colombia es sin duda su elevado costo, lo que hace que sea necesario plantear una estrategia que vincule tanto al sector público como privado para lograr revertir esta situación en favor del usuario quien es finalmente quien se beneficiará de su inversión. Por otro lado, no duda en señalar que es de conveniencia gubernamental el que se mejore la calidad del aire en las ciudades mediante la mayor puesta en circulación de este tipo de vehículos. Identifica que la población más propensa a adquirir un EV es aquella que tiene cierta comodidad financiera y que, por lo general, ha cursado estudios universitarios. Asimismo, reconoce que los hombres son más susceptibles de adquirir un EV que las mujeres y que sin duda el nivel actual en términos de la relación reservas-consumo de combustibles fósiles obliga a pensar la forma en cómo proponer una transición en el principal suministro de energía que tiene el transporte.

Por último, para terminar de señalar solo algunas características de su trabajo de investigación, considera Ríos que es necesario aumentar el número de EV que se comercializan al año en el país y, para ello, es importante que se puedan abrir las líneas de mercado para que más compañías puedan ofrecer distintos modelos que

incidan de manera positiva en el número final de compradores. Por lo tanto, se deben incrementar también el número de electrolineras que existe actualmente en las ciudades, pues con las que se cuentan actualmente, están ubicadas en solo dos de las ciudades principales, así que se deben lograr aumentar la presencia de las Estaciones de carga en las ciudades.

El trabajo de investigación adelantado por Vallejo (2017) centra su atención en las electrolineras en la ciudad de Medellín. Sin embargo, el estudio se conforma con señalar cuál es el estado actual del sistema de electrolineras en Medellín. Aun así, es una identificación que muestra una realidad que salta a gritos: no existe un sistema de carga eléctrico en ninguna de las ciudades colombianas, como por ejemplo Medellín, capaz de soportar la demanda de energía que se necesitaría en caso de una implementación masiva de EV. En esencia, se ofrece un panorama de lo que puede ser el sistema de electrolineras, las cuales se evidencian insuficientes para los entre 340 y 350 EV que esperan tener en circulación en las calles de la ciudad a finales de la década. Por lo que se hace necesario incrementar el número de electrolineras ubicadas estratégicamente que garanticen la capacidad de carga suficiente para hacer, ida y vuelta, uno de los recorridos más frecuentes que se realiza en la ciudad: Medellín – Santa Fe de Antioquia, recorrido que dura un tiempo promedio a las 3 h. En este momento, ninguno de los usuarios de EV que quieran realizar este viaje pueden hacerlo sin el síndrome de la “ansiedad sobre el alcance”, pues no se encuentra en este recorrido una electrolinera que pueda darle autonomía al auto que quiera realizar este viaje.

Figura 22. Ruta Medellín - Santa fe de Antioquia.



Nota. En la Figura puede apreciarse el tiempo promedio de recorrido en uno de los viajes más realizados en la zona detallada: de Medellín, hasta Santa Fe de Antioquia. Tomado de Vallejo (2017)

Para finalizar este recorrido por distintos trabajos de investigación a lo largo de diferentes experiencias es importante, en buena medida, definir cuáles son las características más eficientes en la implementación de un sistema eléctrico de transporte. Si bien es una de las tecnologías con un período muy reciente de innovación, también es cierto algo que en todos los estudios se tiende a resaltar: es una necesidad renovar los vehículos que utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento porque su uso está generando una de las mayores cargas de emisiones de GEI que terminan afectando grave y seriamente el clima en todo el planeta.

Para esta parte final, como venía diciendo, vamos a trabajar con base en el estudio elaborado por Morales (2014) quien asume el reto de proponer un modelo mediante el cual se pueda proyectar una masificación en el uso de los EV en la ciudad de Bogotá. Uno de los principales aspectos que llama la atención en esta investigación, tiene que ver con que su autora propone que la transición energética debe darse utilizando todos los recursos, es decir, si bien su trabajo de investigación sí se dirige hacia la movilidad eléctrica, existe cierto tipo de automóviles que no son, se cargan o su funcionamiento depende de un sistema eléctrico, sino que puede llegar a combinarlos o

a utilizar en algunos sistemas aún la energía proveniente del combustible fósil. Pero no tarda en reconocer que ante las condiciones de venta y de comercialización con las que ingresa el EV a la economía del país, lo más conveniente es apostar por una transición energética completa y diversa de todo el parque automotor, aunque conviene en señalar que este proceso concluirá o tiene como propósito una transición completa de todos los vehículos impulsados por combustible fósil hacia el sistema eléctrico.

Morales reconoce por lo menos tres tipos diferentes de Vehículos Híbridos, (configuración en serie, paralela y mixta) por lo que considera que existe una tecnología suficiente para impulsar su desarrollo y que en este período de renovación energética un vehículo híbrido ofrece menos resistencia que uno eléctrico, debido sobre todo a que su configuración admite un sistema de carga eléctrico junto con un sistema complementario de carga con combustible fósil, lo que le garantizaría al conductor poder utilizar ese sistema de reserva en caso de que el sistema de carga eléctrico pierda potencia, no esté cargado o haya dejado de funcionar. Además de los Vehículos Híbridos o HEV, por sus siglas en inglés, dentro de la investigación también se tienen en cuenta los vehículos enchufables (PHEV) y los vehículos eléctricos a batería (BEV).

Al igual que en investigaciones anteriores, se asume que habrá una implementación de un sistema de transporte totalmente eléctrico si se logra un impulso en las ventas del EV, si se muestra que su sector es dinámico y que el precio final de este tipo de auto va a ir descendiendo con el paso de los años, facilitándose así que cada vez más personas puedan adquirir un EV. En el marco de este contexto, Morales realiza la revisión del estado actual del mercado de los vehículos en general y de los

vehículos eléctricos en particular, para entender mejor cuál es la posición dominante que ejerce el vehículo de combustión interna sobre el EV.

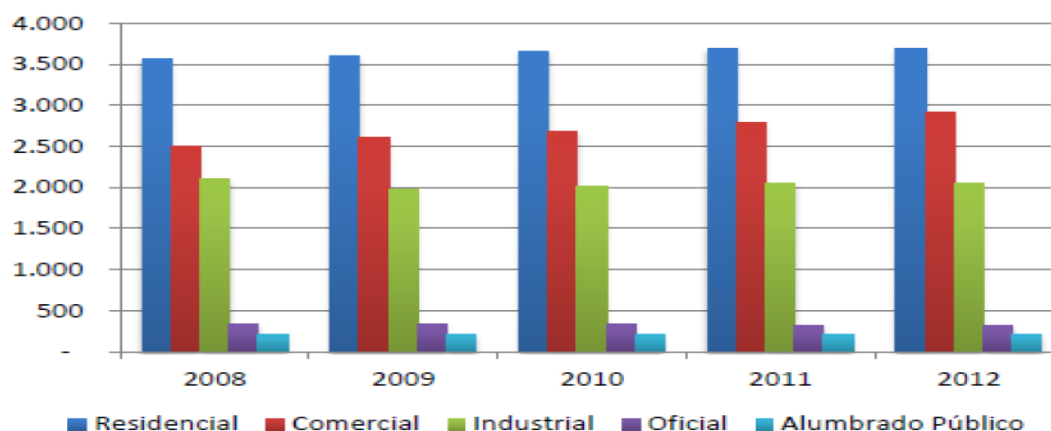
Figura 23. Clase de los vehículos de servicio particular año 2011.



Nota. En la Figura se observa el porcentaje de uso de los distintos tipos de vehículos de CI que circulan en la ciudad de Bogotá. Tomado de Morales (2014)

Como pudo observarse en su momento con las cifras que se manejaron en ese año, estamos claramente hablando de un mercado de poco más de un millón de vehículos que se encontraban matriculados solo en la ciudad de Bogotá. Es de suponerse que una problemática a la que se refieren la mayoría de las investigaciones consultadas apunta a esclarecer si la ciudad que aspira a implementar un sistema de transporte principalmente eléctrico o, por lo menos, quiera promover entre sus habitantes la masificación en el uso del EV, cuenta con un suministro de energía que le permita satisfacer las nuevas necesidades de los usuarios. En efecto, esta demanda se podría satisfacer siguiendo los promedios que se manejan como estándar para los viajes en las ciudades de 45 km/día, que incluyen los trayectos de ida y de regreso y, teniendo en cuenta que la carga de las baterías con la suficiente potencia para darle autonomía al EV se haría muy probablemente durante la noche en casa y, durante el día, en el parqueadero de su trabajo.

Figura 24. Consumo de energía eléctrica Bogotá D.C, 2002-2012 (Gwh).



Nota. En la Figura pueden observarse en detalle los sectores que más energía consumen en la ciudad de Bogotá entre los años 2008 y 2012. Tomado de Morales (2014)

Como puede observarse en la gráfica anterior, el consumo total de energía eléctrica en la ciudad supera las 11000 Gwh por año y se ha mantenido relativamente estable, con algunos sobresaltos muy leves solamente en el sector residencial y en el sector comercial, igual puede notarse que no se incluye el sector del transporte por la sencilla razón de que para fecha la única alternativa de movilidad eléctrica era el teleférico de Monserrate, aunque a decir verdad, tal vez solo deba incluirse el proyecto del TransmiCable como otro ejemplo de qué manera podría darse el transporte eléctrico como una alternativa de movilidad para los habitantes de la ciudad. Otros proyectos como el del Metro tienen aún un impacto impreciso debido a que su construcción no ha iniciado siquiera así que no se tendrá en cuenta para su análisis.

Por último, Morales desarrolla dentro de su propuesta de masificación de la tecnología propia de los EV una serie de modelos que conducirán a aumentar el número de este tipo de vehículos matriculados en la ciudad de Bogotá. El primero de estos modelos es el del Modelo del parque automotor que considera que el aumento de EV corresponderá a una dinámica propia del mercado. El Modelo de I+D se concentra

en encontrar la forma de mejorar la realidad de la máquina y se utiliza para ello una parte de las ganancias para la financiación de los programas que permitirán el alcance de la innovación, el problema es el mismo de siempre, nadie garantiza que al final del proceso la tan ansiada innovación llegue y la inversión se pueda recuperar. El modelo de incentivos se basa en reconocer que el sistema tributario debe ejercer una función central en lo que se está proponiendo, por lo que su papel es administrar las exenciones y pormenores a los que hubiera lugar para propender por el uso del transporte eléctrico con la ciudad. Por último, el modelo del costo de operación se encarga de establecer el valor de cada uno de los subprocesos que se requieren para el funcionamiento del EV (sistema eléctrico, mecánico, hidráulico) y así de esta forma se le pueda ofrecer al usuario la mejor opción para su propia economía.

Conclusiones y recomendaciones

Es evidente que una tarea de las dimensiones de implementar un sistema de transporte eléctrico en Colombia exige un enorme reto al que se convocan distintos sectores de la economía, principalmente, del sector energético y del parque automotor. Realizar una transición entre estos dos sistemas de movilidad requerirá un proceso que abarque, probablemente, algunos años, en el caso de ALC tal vez se extienda durante una década o un poco más.

A diferencia de la Unión Europea, las naciones latinoamericanas no han logrado un proyecto colectivo que pueda mostrarse competitivo frente a los avances de los países europeos, además, su sistema de administración de recursos públicos han privilegiado ante todo, las garantías del beneficio común, como en el caso de Noruega, donde se han utilizado una parte de los recursos de la extracción petrolera para dirigirlos hacia el beneficio de su ciudadanía, en temas como el amparo pensional y ahora se enfocan parte de este capital en ayudar a las personas para comprar EV y de esta forma comenzar a mitigar el impacto que la actividad humana genera sobre este gran ecosistema que es el planeta tierra.

Por lo tanto, son dos las carencias más fuertes que se han evidenciado en ALC y que impiden el posicionamiento de la economía del transporte eléctrico particular: la falta de integración regional en proyectos macroeconómicos que incidan en el bien común; la redistribución de la riqueza extractiva en el caso de las naciones minero-energéticas que, en la condición actual de ALC corresponde a por lo menos el 80% de la región. Si bien todos los países no son petroleros, hay algunos que gozan de otros

recursos naturales cuya explotación contribuye con la emisión de GEI que se dan actualmente en la región.

De igual manera, un factor sobre el que hacen énfasis la mayoría de los trabajos de investigación está relacionado con el costo final del EV al comprador en potencia. Su elevado valor genera que solo cierta parte de la sociedad latinoamericana pueda acceder al transporte eléctrico. Si se tiene en cuenta que buena parte de las estrategias financieras que se han implementado por parte del Gobierno, incluyen subsidios para la compra, descuentos, eliminación del IVA y otras, se dirigen a esta población se cae en la peligrosa figura de entrar a subsidiar a las clases más acomodadas quienes, en un inicio, son las que impulsarían la economía de los EV en la región y, específicamente, en nuestro país.

Otra clase de incentivos son los que se dan de forma no financiera los cuales, desde la perspectiva de ciertos analistas, se convierte en algo políticamente correcto, ya que no se estimula la compra de EV desde su posesión, sino desde su uso. En efecto, en el caso de los incentivos no financieros para los EV se mencionan distintas propuestas. Una de ellas es la relacionada con el uso de los carriles de tránsito exclusivo para autobuses que podrían ser compartidos con los vehículos del nuevo sistema de transporte. Otra forma en que se podría dar este apoyo es en la eliminación de las restricciones de tránsito para que, quienes tenga un EV, puedan circular sin limitación de hora o de día por las calles de la ciudad.

Con relación a los puntos de carga, se tiene en claro que la autonomía de un EV, de su batería sin recarga, no le permite competir con la autonomía que en las mismas condiciones puede alcanzar el vehículo de combustión interna. Otro asunto relacionado

es el que tiene que ver con los puntos de carga o, como las han denominado en algunas investigaciones, las “electrolineras”. Preocupa ante todo su supervivencia económica, debido a que los repuestos de los EV continúan teniendo un alto costo, debido a que la tecnología que garantice su eficiencia y rendimiento se encuentra en desarrollo.

Con base en las anteriores conclusiones, se formulan ahora las siguientes recomendaciones:

1. Campañas de sensibilización frente al Cambio Climático: muchas de las acciones que realizan las personas pueden contribuir a aumentar el compromiso ambiental de la ciudadanía.
2. Fortalecer la red pública de suministro: en un estado inicial de la transición energética, el pilar de desarrollo debe ser una red eléctrica en tanto se consolida la industria y se logra la autonomía energética del automotor.
3. Eliminar la “ansiedad sobre el alcance” construyendo un sistema de recarga estratégicamente ubicado que favorezca las horas de apagado del EV.
4. Desestimulación del uso de vehículos de combustión interna a partir de la elevación de los impuestos debido a la afectación del aire que generan.
5. Construir alianzas Público-Privadas que favorezcan el desarrollo en innovación del sector.
6. Permitir que los grandes proyectos de movilidad sean eléctricos: trenes, tranvías, metros y taxis eléctricos.

7. Realizar la inmersión de la economía del transporte eléctrico por medio de sectores estratégicos. Uno de ellos puede ser el del turismo; el otro, el del transporte de carga.
8. Aumentar la importación de EV sobre los vehículos convencionales para ampliar la oferta de este tipo de vehículos en el sector.
9. Aumentar los recursos destinados al desarrollo de procesos de innovación en los sistemas eléctricos de transporte.
10. Desarrollo de investigaciones sobre la implementación de los EV por parte de las universidades de la región.
11. Diseño y consolidación de una política pública que genere incentivos reales en la compra, uso, mantenimiento y circulación de los EV, implementado inicialmente en las principales ciudades para luego extenderse al resto del país.

Referencias

- Amsterdam Roundtable Foundation. (2014). *Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?* Amsterdam.
- Arcos, A., Maza, J., & Núñez, F. (2018). *Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica: Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar*. Madrid, España.: REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA DE ESPAÑA.
- Arias, D. (2015). *Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos. (Trabajo de grado)*. Leganés: Universidad Carlos III.
- Berián, G. (2018). *Análisis Evolutivo y Tendencias actuales de la movilidad eléctrica sostenible, su aplicación en diversos ámbitos territoriales*. Grado en Geografía y Ordenación Del Teritorio: Universidad de Cantabria, Facultad de Filosofía y Letras.
- BID. (2016). *La incorporación de Vehículos Eléctricos en América Latina*. BID: Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo.
- CAIT. (2018). *CAIT Climate Data Explorer*. Retrieved from Disponible en: <http://cait.wri.org/historical>.
- Carreño, E. D., Vacca, E. A., & Lugo, I. (2012). Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar. *Tecnura, Abril - Junio N° 16 (32)*, 91 - 106.

- Chancusig, F. (2014). *Análisis Técnico-Económico para la inserción de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico Ecuatoriano*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- De la Herrán, J. (2014). *El auto eléctrico: una solución apremiante*. México D.F., México.: DGDCUNAM - Divulgación de la ciencia: Universidad Nacional Autónoma de México.
- DIMUZIO, T. (2012). "The Crisis of petro-market civilization: the past as prologue?". In *Global Crisis and the Crisis of Global Leadership* (pp. pp. 73-88.). S. Gill.
- EDWARDS, G., & ROBERTS, J. T. (2015). *A Fragmented Continent. Latin America and the Global Politics of Climate Change*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Edwards, G., & Viscidi, L. y. (2018). *Cargando el Futuro. El crecimiento de los mercados de autos y autobuses eléctricos en las ciudades de América Latina*. Washington D.C. : Diálogo Interamericano.
- Edwards, G., Viscidi, L., & Mojica, C. (2018). *Cargando el Futuro. El crecimiento de los mercados de autos y autobuses eléctricos en las ciudades de América Latina*. Washington, D.C.: Diálogo Interamericano.
- Electromaps. (2020, septiembre 7). *www.electromaps.com*. Retrieved from <https://www.electromaps.com/mapa>
- Feile, A., & Robayo, S. (2016). *Estudio de Factibilidad para la Implementación de Medios de Transporte Eléctricos en el Centro Histórico de Quito*. Tesis de grado

para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz. Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador.

García Ruíz, M. (2015). *Pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos.* Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Tecnología Eléctrica.

Gil, C. (2018). *Análisis evolutivo y tendencias actuales de la movilidad eléctrica sostenible, su aplicación en diversos ámbitos territoriales.* Grado en Geografía y Ordenación del territorio: Universidad de Cantabria, Facultad de Letras y Filosofía, España.

Gobierno de Colombia. (2018). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica - ENME.* Bogotá, Colombia.

Gómez, J., Mojica, C., Kaul, V., & Isla., L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina.* México D.F.: Banco Interamericano de Desarrollo.

González, J. (2011). *Estudio de la recarga de los Vehículos Eléctricos en Sistemas Autónomos de energía en edificios.* Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Guzmán, S. (2011). *Estudio Preliminar de las ITV para buscar Vehículos Híbridos y Eléctricos.* Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

Hermana, R. (2018). *Estrategias de gestión de flotas de vehículos eléctricos.* Madrid, España.: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

ICEX - Instituto Español de Comercio Exterior. (2012). *Vehículos Eléctricos en Reino Unido: Situación y Perspectiva.* Madrid.

- IEA - International Energy Agency. (2020, Noviembre 09). *Global EV Outlook 2016*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2016>
- IRENA. (2015). *ID+D para las Tecnologías de Energías Renovables: Cooperación en América Latina y el Caribe*. Abu Dabi: IRENA.
- JACOB, M., & STECKEL, J. C. (2016). *“The Just Energy Transition”*. WWF International.
- León, F., & Salinas, M. (2018). *Implementación y uso de autos eléctricos en el transporte público y su impacto en la red de distribución, Loja 2017. (Trabajo de grado)*. Cuenca, Ecuador.: Universidad de Cuenca.
- Levina, M., Kockelmanb, K., & Boylesb, S. y. (2017). A general framework for modeling shared autonomous vehicles with dynamic network-loading and dynamic ride-sharing application. *Systems* 64, 373–383.
- López, J. (2010). *Vehículos híbridos y eléctricos*. Madrid: ASEPA.
- Martínez, J. A. (2012). *Vehículo eléctrico: análisis y prospectiva de factores tecnológicos y económicos*. . Valladolid, España.: Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales.
- Morales, B. (2014). *Modelo de masificación de vehículos eléctricos en Bogotá D.C. (Tesis de Maestría)*. Bogotá, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia.
- Moreno, C., & Trujillo, A. (2014). *Plan prospectivo estratégico de movilidad eléctrica para el negocio de distribución de energía de EPSA al año 2021. (Trabajo de Maestría)*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

- Moreno, J. (2013). *Impacto del vehiculo electrico sobre las redes de distribucion. Tesis de Maestría*. Madrid: Escuela Tecnica Superior De Ingenieros de Minas.
- Observatorio Tecnológico de la Energía. (2012). *Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica*. Madrid, España: Ministerio de Egergía, Industria y Turismo.
- OLADE. (2000). *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la formulación de políticas energéticas*. Quito.
- OLADE. (2012). *Cobertura Eléctrica en América Latina y el Caribe*. Quito.
- OLADE. (2018). *Política energética y NDCs en América Latina y el Caribe: Evaluación de las políticas actuales de desarrollo energético de la región, como contribución al cumplimiento de los compromisos en materia de cambio climático. Bases para un debate necesario*. Quito.
- ONU. (2018). *Energy Statistics Pocketbook*. New York: Department of Economic and Social Affairs. Statistics Division.
- ONUa. (2015). “Acuerdo de París”. Conferencia de las Partes 21er período de sesiones. *Convención Marco sobre el Cambio Climático*, (p. FCCC/CP/2015/L.9.). París.
- ONUb. (2015). “*Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*”, Resolución A/RES/70/1 aprobada por la Asamblea General de septiembre.
- Orbea, L., Toapaxi, J., & Guano, C. (2017). Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100% eléctrico en el Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 112-124.

- Puentes, C. (2014). *Programación Óptima para la Recarga de Vehículos Eléctricos Enchufables y su Impacto en las Redes Eléctricas Inteligentes. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Electricista*. Pereira, Colombia: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Rieck, F., Machielsen, C., & Van Duin, J. (2017). Automotive, the Future of Mobility. In *Proceedings of EVS30 Symposium*, 1 - 14.
- Ríos, V. (2017). *Estado del arte de los vehículos eléctricos y su posible implementación en Colombia. (Trabajo de grado)*. Pereira, Colombia.: Universidad Tecnológica.
- Rivera, L. (2019). "El cambio climático y el desarrollo energético sostenible en América Latina y el Caribe al amparo del Acuerdo de París y de la Agenda 2030". *Documentos de Trabajo, N° 15 (2ª época)*. Madrid: Fundación Carolina.
- Roger, D. (2018). "Almacenaje de energía y transición energética. Alternativas en un horizonte de desarrollo tecnológico e industrial nacional". *Revista de Ciencias Sociales, segunda época, año 10, N° 34*, pp. 17 - 47.
- Sáenz, I. (2015). *Análisis de la evolución y el impacto de los vehículos eléctricos en la economía europea*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Singh, V., Singh, V., & Vaibhav, S. (2020, August 18). *A review and simple meta-analysis of factors influencing adoption*. Retrieved from www.elsevier.com/locate/trd: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102436>
- TEZANOS, S. (2019). "América Latina y el Caribe en la Agenda 2030. Hacia una clasificación del desarrollo sostenible compatible con los ODS y el 'desarrollo en transición'". *Documentos de Trabajo, nº 5*, Madrid: Fundación Carolina.

- Torres, J. (2015). *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. (Trabajo de grado)*. Cuenca, Ecuador.: Universidad Politécnica Salesiana.
- Vallejo, J. (2017). *Situación de la ciudad de Medellín en cuanto a la capacidad que tiene en infraestructura de electrolineras para recargar de energía a los vehículos eléctricos. (Trabajo de Tecnología)*. Medellín: Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia.
- Velandia, E. (2009). *Energía eléctrica. Alternativa para un transporte urbano sustentable en Colombia, 1a ed., vol. 1*. Bogotá, D.C., Colombia.: Codensa S.A.
- Vélez, J. (2017). *Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador (Trabajo de Ingeniería Eléctrica)*. Cuenca, Ecuador.: Universidad de Cuenca.

| Resumen Analítico Especializado (RAE) | |
|--|---|
| Tema | Vehículos Eléctricos |
| Título | Transición energética en el contexto mundial y nacional hacia los vehículos eléctricos: un estado del arte |
| Autor | Diana Marcela Neuta Marín |
| Fuentes bibliográficas | <p>Arcos, A., Maza, J., & Núñez, F. (2018). <i>Propuestas para el fomento de la movilidad eléctrica: Barreras identificadas y medidas que se deberían adoptar</i>. Madrid, España.: REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA DE ESPAÑA.</p> <p>Arias, D. (2015). <i>Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos. (Trabajo de grado)</i>. Leganés: Universidad Carlos III.</p> <p>Chancusig, F. (2014). <i>Análisis Técnico-Económico para la inserción de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico Ecuatoriano</i>. Quito: Escuela Politécnica Nacional.</p> <p>De la Herrán, J. (2014). <i>El auto eléctrico: una solución apremiante</i>. México D.F., México.: DGDCUNAM - Divulgación de la ciencia: Universidad Nacional Autónoma de México.</p> <p>Gobierno de Colombia. (2018). <i>Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica - ENME</i>. Bogotá, Colombia.</p> <p>Gómez, J., Mojica, C., Kaul, V., & Isla., L. (2016). <i>La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina</i>. México D.F.: Banco Interamericano de Desarrollo.</p> <p>Hermana, R. (2018). <i>Estrategias de gestión de flotas de vehículos eléctricos</i>. Madrid, España.: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.</p> <p>ICEX - Instituto Español de Comercio Exterior. (2012). <i>Vehículos Eléctricos en Reino Unido: Situación y Perspectiva</i>. Madrid.</p> <p>IEA - International Energy Agency. (2020, Noviembre 09). <i>Global EV Outlook 2016</i>. Retrieved from https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2016</p> <p>Observatorio Tecnológico de la Energía. (2012). <i>Mapa Tecnológico Movilidad Eléctrica</i>. Madrid, España: Ministerio de Eenergía, Industria y Turismo.</p> <p>OLADE. (2018). <i>Política energética y NDCs en América Latina y el Caribe: Evaluación de las políticas actuales de desarrollo energético de la región, como contribución al cumplimiento de los compromisos en materia de cambio climático. Bases para un debate necesario</i>. Quito.</p> |

| | |
|-----------------------|---|
| Año | 2021 |
| Resumen | <p>En el presente trabajo se plantea el propósito de realizar la elaboración de un estado del arte que permita evidenciar la transición energética que se está llevando a cabo desde hace algunos años a nivel nacional y mundial en los sistemas de transporte tanto público como particular. Su enfoque fundamental está dirigido a mostrar el papel que desempeñan los vehículos eléctricos (EV) en este cambio, sus mayores implicaciones en términos técnicos, ambientales, sociales y de política pública, así como su incidencia frente a la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son generados por la quema de combustibles fósiles como Diesel, Gasolina, Gas Natural, entre otros, utilizados por los sistemas convencionales de transporte y que realizan un aporte significativo de CO₂ contribuyendo así al calentamiento global. El objetivo principal es hacer una revisión del estado de las investigaciones acerca de la implementación de los EV como la base de los sistemas eléctricos de movilidad. Con esta investigación se pretende establecer en un esquema de revisión y análisis una ruta teórica y metodológica que permita aportar a la discusión actual sobre la forma en que dicha implementación pueda desarrollarse en ciudades colombianas en el marco del cumplimiento de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica formulada por el Estado colombiano.</p> |
| Palabras clave | Vehículos eléctricos, energías renovables, transición energética, Movilidad Eléctrica, Puntos de carga. |
| Contenido | <p>Introducción Capítulo I. Generalidades Contexto del problema Problema Hipótesis de Investigación Hipótesis 1. Hipótesis 2. Hipótesis 3. Sistematización del Problema Objetivos Objetivo General. Objetivos Específicos. Justificación Capítulo II Marco Conceptual</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>Energías renovables Transición energética Vehículos eléctricos (EV) Sistema de carga Baterías Marco Teórico El Sistema de Carga: El Reto Principal del Modelo Europeo La Definición de una Política Regional: una deuda del Modelo Latinoamericano Implementación del Vehículo Eléctrico en Colombia: el Desafío de su Innovación Y Desarrollo Conclusiones y recomendaciones Referencias</p> |
| <p>Descripción del problema de investigación</p> | <p>Existe una falta de control en el manejo que se hace de la emisión de los GEI, generados principalmente por la quema de combustibles fósiles, derivados de la producción de energía extraída del carbón, del petróleo, del Gas Natural y de la biomasa (Rivera, 2019). Como puede observarse en la oferta para el consumo de petróleo como fuente de energía primaria alcanza en América Latina y el Caribe (ALC) el rango del 40%, mientras que a escala mundial esta oferta no supera el 32%. En tanto la oferta de energía primaria derivada de la utilización del carbón, el petróleo y el gas natural alcanza el nivel del 73%, inferior al nivel global, donde este porcentaje se sitúa alrededor del 82%. La producción de energía a través de la utilización de combustibles fósiles genera consecuencias negativas en este escenario por lo que, en las agendas de los países, debe propenderse por la <i>transición justa</i> de energías que permitan un desarrollo sostenible con el medio ambiente.</p> <p>De acuerdo con Edwards, et. al, (2018), los países de ALC proponen la migración energética de un transporte basado en combustibles fósiles, por una red de transporte eléctrico de cero emisiones de GEI. Naciones como Chile o Colombia buscan que sus sistemas de transporte público sean eléctricos en el año 2030. Sin embargo, cada vez más personas hacen uso del transporte privado. Esto implica que los esfuerzos orientados a mitigar la Huella Ecológica de la quema de combustibles deben ser liderados por políticas públicas, pero contando con una intervención del sector privado y así desarrollar los niveles tecnológicos y la accesibilidad para el grueso de la población al transporte eléctrico. En este</p> |

| | |
|---|---|
| | <p>contexto, en el marco de la búsqueda de estrategias que permitan una transición justa en la industria del transporte basado en los combustibles hacia medios de transporte que utilicen energía eléctrica, es en el que se formula la siguiente pregunta problema: ¿Cuáles estudios a nivel nacional e internacional evidencian experiencias exitosas alrededor de la transición energética de vehículos combustibles a vehículos eléctricos en el sector público y privado?</p> |
| Objetivo General | <p>Construir un estado del arte de la transición energética que se está presentando a nivel mundial y nacional enfocada al fomento de los vehículos eléctricos.</p> |
| Objetivos Específicos | <p>Realizar una revisión bibliográfica de la transición energética a nivel mundial y nacional resaltando el papel de los vehículos eléctricos.</p> <p>Relacionar casos exitosos de políticas públicas implementadas en diferentes países para el fomento de los vehículos eléctricos.</p> <p>Identificar aspectos técnicos y metodológicos que deben ser considerados para incentivar el uso de vehículos eléctricos.</p> <p>Analizar la información recolectada generando un aporte desde su aplicación y pertinencia para Colombia.</p> |
| Principales referentes teóricos y conceptuales | <p>En el presente trabajo de toman referentes teóricos y conceptuales como el de Hermana (2018) que consideran también fundamental el apoyo tanto del Estado como de las empresas privadas, mientras que en la región de América Latina no se caracteriza por sus innovaciones y desarrollo de tecnología, todo lo contrario, está al final de la cadena de producción y de consumo, por lo que en muchos escenarios, probablemente los más pesimistas, el papel de esta región sea el del espectador impávido que se resigna a que otras naciones logren diseñar la solución para los problemas que plantea la implementación de los vehículos particulares eléctricos con relación a sus costos de fabricación, la materia prima, sus suministros y repuestos, y uno de los puntos más importantes que emergen en casi todas los proyectos de investigación desarrollados alrededor del tema: los sistemas de carga, sin los cuales se haría imposible que se logre afianzar este producto como un bien de consumo en la economía de una nación.</p> <p>Se ha seleccionado un material bibliográfico que permita el análisis de las experiencias exitosas en distintas regiones donde</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>destacan sobre todo el avance de las naciones europeas, asiáticas y norteamericanas, que han sido pioneras en términos de la búsqueda de mecanismos sostenibles para modificar los usos de transporte que tienen las personas en diferentes lugares del mundo. De manera inicial, es posible mencionar algunos de los aspectos que intervienen en dicho propósito.</p> <p>En primer lugar, se debe hablar de que en los países en los que ya ha iniciado este proceso y se ha avanzado de forma ciertamente satisfactoria, se incluye un fuerte componente regulatorio en las políticas públicas presentes en investigaciones como las de Guzmán (2011) que favorecen el posicionamiento del sector a partir de la eliminación de Impuestos de Valor Agregado (IVA) o reducción en el costo final del EV en el caso de los vehículos particulares. En el caso de los sistemas públicos de transporte se incentiva la construcción de metros y de tranvías cuyo funcionamiento depende de las redes eléctricas.</p> |
| <p>Resultados y conclusiones</p> | <p>Es evidente que una tarea de las dimensiones de implementar un sistema de transporte eléctrico en Colombia exige un enorme reto al que se convocan distintos sectores de la economía, principalmente, del sector energético y del parque automotor. Realizar una transición entre estos dos sistemas de movilidad requerirá un proceso que abarque, probablemente, algunos años, en el caso de ALC tal vez se extienda durante una década o un poco más.</p> <p>A diferencia de la Unión Europea, las naciones latinoamericanas no han logrado un proyecto colectivo que pueda mostrarse competitivo frente a los avances de los países europeos, además, su sistema de administración de recursos públicos han privilegiado ante todo, las garantías del beneficio común, como en el caso de Noruega, donde se han utilizado una parte de los recursos de la extracción petrolera para dirigirlos hacia el beneficio de su ciudadanía, en temas como el amparo pensional y ahora se enfocan parte de este capital en ayudar a las personas para comprar EV y de esta forma comenzar a mitigar el impacto que la actividad humana genera sobre este gran ecosistema que es el planeta tierra.</p> |