

Necesidades Infraestructurales de los Vehículos Eléctricos e Híbridos en Colombia

Presentado por:

Elisa Berdugo Gallego

Asesora:

Monique Thiriez López

Directora de Gestión Humana

Proyecto de Grado

Colegio Marymount

Medellín

2018

Tabla de contenido

Resumen/Abstract.....	4
Introducción/Justificación.....	6
Antecedentes	8
Pregunta	10
Objetivos	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos.....	11
Marco Teórico.....	12
1.1 De los carros y todos sus derivados.....	12
1.1.1 Primer automóvil en el país.....	12
1.1.2 Primeras vías y pavimentos.....	13
1.1.3 Primeros talleres	14
1.1.4 Primeras gasolineras	15
1.2 Desarmando el vehículo	15
1.2.1 Automóvil	16
1.2.2 Combustión interna.....	16
1.2.3 Vehículo eléctrico	16
1.2.4 Motor eléctrico	17
1.2.5 Vehículo híbrido	17
1.2.6 Autonomía	18
1.3 Necesidades infraestructurales	18
1.3.1 Electrolineras	18
1.3.2 Pagos.....	20
1.4 ¿Cómo anda Colombia?	21
Metodología.....	23
2.1 Metodología cualitativa	23
Análisis de resultados.....	25
3.1 Efectos de los vehículos eléctricos en el mundo	25
3.2 ¿Por qué en Colombia no?	28
3.2.1 Autonomía	29
3.2.2 Precio.....	31
3.2.3 Caballos de fuerza y velocidad.....	32
3.3 Menor complejidad	32
3.4 A futuro.....	34
Conclusiones	35
Bibliografía.....	37

Índice de Figuras

Figura 1. Señalización vial para electrolinerías.....	PAG 19
Figura 2. Cambio de precios (dólares americanos) de los vehículos eléctricos y a gasolina en el futuro.....	PAG 27
Figura 3. Vehículos eléctricos disponibles en el mercado y su autonomía....	PAG 30
Figura 4. Primeras 14 estaciones de carga lenta de EPM en Medellín.....	PAG 31
Figura 5. Partes móviles de los HEV, PHEV y EV.....	PAG 33

Resumen/Abstract

Resumen

La movilidad eléctrica se viene dando desde hace varios años en el mundo, mueve grandes mercados y los fabricantes de autos le hacen grandes apuestas a sus diseños para sobresalir con sus productos; de esta misma manera en Colombia se ha desarrollado el mercado de los vehículos eléctricos e híbridos, donde desde las empresas de energía más importantes del país hasta las multinacionales de autos más grandes que han llegado al país, le están apostando cada día más a los vehículos de carga eléctrica, al desarrollo y a la movilidad sostenible. Es por esto que Colombia debe estar preparada, en términos de infraestructura, para la llegada de este tipo de vehículos al país y así garantizar el buen funcionamiento de estos, acercando al país a un futuro más innovador, sostenible y competente frente a los mercados internacionales.

En Colombia esta preparación se debe de dar principalmente en el aspecto social, ya que debido al poco conocimiento y los prejuicios que se tienen frente a los vehículos eléctricos e híbridos, se ha tardado más que otros países del mundo en adoptar los vehículos de carga eléctrica como fuente de movilidad.

Palabras claves: vehículo eléctrico, vehículo híbrido, infraestructura, movilidad eléctrica, electrolineras, prejuicio.

Abstract

Electric mobility is a subject that has been developing for several years around the world, moving large markets and car manufacturers are betting highly on their designs in order to stand out with their own products; It is in this same way that in Colombia the market for electric and hybrid vehicles has developed, where from the most important energy companies in the country to the largest car multinationals that are in the country are investing more and more every day towards electric and hybrid vehicles, development and sustainable mobility. This is

why Colombia as a country must be prepared, in terms of infrastructure, for the arrival of this type of vehicles to the country and thus ensure the proper functioning of these, bringing the country closer to a more innovative and competent future regarding international markets. In Colombia this preparation must be aimed mainly towards the social aspect due to the little knowledge and the prejudices that people have against electric and hybrids vehicles, which is why it has taken longer than in other countries in the world to adopt electric and hybrid vehicles as a main source of mobility.

Key words: electric vehicle, hybrid vehicle, infrastructure, electric mobility, electric vehicle charging station, prejudice.

Introducción/Justificación

La invención del automóvil de combustible se dio a Karl Friedrich Benz, quien inventó el primer modelo del automóvil de combustión interna en el mundo, ocupando una posición central en la segunda revolución industrial y generando un impacto mundial al transformar la manera de transportarse a una manera autónoma.

Ahora, casi 130 años después, en la cuarta revolución industrial, el automóvil sigue siendo una de las invenciones más importantes y revolucionarias de la historia y una de las industrias que más empleos y dinero genera. En un mundo de 7.6 billones de habitantes, 1 de cada 7 personas cuenta con un vehículo propio, es decir, en el mundo hay alrededor de 1200 millones de automóviles. (Alegret, 2016)

Este volumen de automóviles de combustible implica también una gran amenaza medioambiental: la extracción del petróleo genera contaminación y requiere de grandes cantidades de agua, y su combustión genera gases. *“Los automóviles son responsables de una gran parte del consumo de energía de las ciudades, lo que genera problemas económicos y geopolíticos a corto plazo y una importante amenaza a la sostenibilidad a largo plazo. Las emisiones de los tubos de escape acaban produciendo no sólo contaminación local, sino que también contribuyen al calentamiento global”* (Mitchell, 2007) Es por esto que el cambio al motor eléctrico sería una alternativa de solución al problema planteado anteriormente.

La llegada a Colombia de vehículos que no necesitan de la gasolina convencional, podría marcar el inicio de una nueva era y dar paso a ciudades más tecnológicas y sostenibles, impacto incluso más importante que el paso del motor de dos pistones al de cuatro en adelante en 1876, evolucionando a motores más efectivos. Sin embargo, para incentivar esta nueva tecnología que ha tenido gran desarrollo en países primermundistas, se requiere de gran voluntad política: *“La electrificación del transporte requiere implantar y aplicar las políticas y medidas que lo hagan posible, desde desgravaciones fiscales a la adquisición de vehículos eléctricos a compras verdes por las administraciones para su parque móvil, y el*

apoyo a las nuevas infraestructuras que serán necesarias (puntos de recarga, estaciones de cambio de baterías), además de normas y leyes” (Santamarta, 2009)

Este trabajo busca conocer cuáles son las necesidades infraestructurales de los automóviles eléctricos e híbridos, e identificar aquellos elementos que se requieren desarrollar en Colombia para fomentar el ingreso de estos automóviles y permitir el buen funcionamiento y desarrollo de esta tecnología en las diferentes ciudades del país.

La idea de un país a la vanguardia, competente frente al mundo en temas de sostenibilidad y desarrollo, y mi pasión por las nuevas tecnologías y por los carros, son los motivos que llevaron a escoger este tema.

Antecedentes

“The Stone Age didn’t end for lack of Stone, and the Oil Age will end long before the world runs out of oil.” Sheik Ahmed Zaki Yamani, ex-Ministro de Petróleo de Arabia Saudita.

Pierre Andurand, administrador de fondos de cobertura, quien previó la caída del petróleo de 2014, advirtió a los inversionistas del mercado que “Después del 2020, existe un alto riesgo de que la llegada de vehículos eléctricos cambie el mercado petrolero para siempre.”

La entrada masiva de los vehículos eléctricos (EV) al mercado de los automóviles ha demostrado el peligro que poseen tanto para las diferentes marcas por la necesidad de evolucionar como para la industria petrolera debido a la perdida gradual de uno de sus principales consumidores: los automóviles de combustión interna.

La Singularity University de California en 2016 realizó un estudio sobre la cantidad de petróleo desplazado del mercado por los carros eléctricos basándose en tres escenarios de aumento de ventas de vehículos eléctricos; el primero siendo la tasa actual de adopción con un 60% de crecimiento anual y el segundo con un 45% de crecimiento anual, donde ambos crearían una caída de 2 millones de barriles de petróleo desplazados al día antes del 2015, el tamaño del exceso actual. El ultimo siendo con un crecimiento anual del 30%, el crecimiento previsto por Bloomberg New Energy Finance.

Según Bloomberg New Energy Finance (BNEF), los vehículos eléctricos están proyectados a tener menor precio que los de combustible a partir del año 2026. Además, The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) en su estudio “Growing Expectations” demostró que entre el 2015 y el 2016 el pronostico para los vehículos eléctricos en el mundo creció aproximadamente un 500% en tan solo un año, llegando a los 266 millones de vehículos para el 2040.

Esto es lo que lleva a una más profunda indagación del tema en este trabajo de investigación para así entender por qué en Colombia no se ha

desarrollado el mercado de estos vehículos a la misma escala que en otros países.

Pregunta

¿Qué requiere Colombia, en términos de infraestructura, para recibir los vehículos eléctricos e híbridos que ingresarán al país?

Objetivos

Objetivo general

- **Identificar** lo que requiere Colombia, en términos de infraestructura, para la llegada de vehículos eléctricos e híbridos.

Objetivos específicos

- **Conocer** los cambios que ha tenido la infraestructura del país por la llegada del automóvil.
- **Describir** el vehículo eléctrico e híbrido, y sus necesidades en cuanto a infraestructura.
- **Demostrar** la falta de infraestructura necesaria para recibir estos tipos de carros.
- **Definir** los elementos infraestructurales, requeridos en Colombia, para fomentar la llegada de estos vehículos.

Capítulo 1

Marco Teórico

1.1 De los carros y todos sus derivados.

En primer lugar es fundamental conocer y comprender el concepto de infraestructura; según la Real Academia Española se define como *“El conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera.”* Partiendo de esto, la infraestructura está directamente relacionada con el desarrollo efectivo de una actividad, que para el caso de esta investigación es del funcionamiento adecuado de los vehículos de tecnología eléctrica e híbrida.

Para poder conocer la evolución que ha tenido la infraestructura de Colombia gracias a la llegada del automóvil al país, es necesario comparar la infraestructura que se tenía antes de que llegara el primer vehículo de combustión interna frente a la que posee hoy en día. Cabe anotar que adecuar un país para responder a sus necesidades de transporte no sólo impacta las vías sino también implica una transformación en lo económico y lo social.

1.1.1 Primer automóvil en el país

El 19 de octubre de 1899, gracias al empresario paisa Carlos Coriolano Amador, llegó a Medellín y a Colombia el primer automóvil de combustión interna; era un De Dion-Bouton Tipo D, procedente de Francia. En el año 1900 la marca De Dion-Bouton era el mayor productor de automóviles a nivel mundial. El gran logro de este suceso se debió a la maniobra de transporte que se debió hacer para traer el vehículo desde Francia hasta la ciudad de Medellín; cruzó el océano e ingresó en un barco a vapor por el Magdalena hasta Honda, Tolima, donde tuvo

que ser desarmado parte por parte y llevado así en mula hasta su destino, en el cual finalmente fue armado de nuevo por un mecánico y conductor francés que había sido enviado directamente por la compañía.

Tres años después, en 1903, el fotógrafo Ernesto Duperly trajo al país el segundo auto: un Cadillac último modelo hecho en los Estados Unidos. Fue Duperly, quien años después se encargó de la traída del tercer y cuarto auto, que llegaron a las manos del Arzobispo y del Presidente Rafael Reyes, respectivamente. Este último, un Fiat descubierto, fue el primer auto presidencial de la Nación e inauguró una de las primeras carreteras del país, la carretera a Santa Rosa de Viterbo, sin embargo nunca regresó debido a que el trayecto acabó con los resortes del vehículo. A partir de esto se dio inicio a la entrada masiva de carros al mercado colombiano, y comenzó el desarrollo de las carreteras y vías en Colombia.

1.1.2 Primeras vías y pavimentos

En Colombia llegaron primero los carros y mucho tiempo después las vías. La llegada del De Dion-Bouton Tipo D creó la necesidad de tener vías pavimentadas en el país y en 1905, bajo el mando del Presidente Rafael Reyes, se creó el Ministerio de Obras Públicas, encargado de la planeación y construcción de las vías que conectaban las ciudades entre sí. El Ministerio de Obras Públicas comenzó a clasificar las vías en nacionales, departamentales y municipales, y estableció planes de financiación para estas nuevas carreteras. En menos de 10 años, las vías se convierten en uno de los desarrollos infraestructurales más importantes del país. Esto llevó a la Asamblea Nacional a ordenar, en 1910, la construcción de carreteras departamentales con las mismas características de las carreteras nacionales ya existentes; el Gobierno a su vez estableció impuestos de importación y de consumo a los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de los autos como la gasolina, los lubricantes, las llantas y los accesorios básicos. Fue así como para 1928, la importación de automóviles en Colombia llegó a los 13.246 vehículos hasta el momento y se

contaba con más de 491,8 kilómetros de carreteras en territorio nacional, lo que llevó a la creación del primer Plan Vial Nacional, con la ley 12 de 1949; gracias a este plan en un periodo de 10 años se construyeron 13.889 kilómetros de carreteras, 2.223 pavimentados. (Londoño, 2014)

Según Carlos Mario Rodríguez de la Universidad del Rosario, actualmente en Colombia el 80% de la carga se moviliza por carretera, lo cual es una muestra de que las vías son de gran importancia para el desarrollo y crecimiento económico del país.

Así pues, la llegada del automóvil a Colombia generó gran desarrollo vial en el País, que en menos de un siglo construyó la mayoría de las carreteras y vías que existen actualmente.

1.1.3 Primeros talleres

Medellín y Colombia tenían carros pero no talleres; el primer auto en llegar al país tuvo que dejar de usarse al poco tiempo debido a que no era apto para las duras superficies por las que debía transitar. La falta de personas capacitadas en realizar el mantenimiento de los vehículos hacía que sus dueños acudieran a herreros que arreglaban o fabricaban ciertas partes o a mecánicos de bicicletas; esto era lo más cercano a lo que se estaba buscando. Además de esto, los pocos que contaban con un automóvil acudían a choferes-mecánicos que conocían el funcionamiento del coche y debían tenerlo en correcto estado.

Aunque no se tiene conocimiento de la fecha exacta, la creación de los primeros talleres se dio en las ciudades de mayor número de vehículos, como Medellín y Bogotá. Gracias a la demanda, se dispusieron talleres mecánicos de reparación, que en su mayoría eran independientes y estaban equipados con mecánicos profesionales y especializados en ciertas marcas.

La industria de los talleres mecánicos de reparación creció y evolucionó junto con el mercado de los automóviles, hasta el punto que en la actualidad existe la posibilidad de resolver inconvenientes en tan solo una hora.

1.1.4 Primeras gasolineras

Bertha Benz, esposa de Carl Benz el inventor del automóvil de combustible, se quedó sin combustible durante un trayecto extenso en su vehículo; tuvo que rellenarlo y, a falta de gasolina, utilizó un producto de limpieza derivado del petróleo que consiguió en una farmacia. Esta fue la primera vez que un automóvil se repostaba con combustible que no fuese traído del hogar. A partir de este suceso en 1888, se crean las primeras gasolineras en el mundo. (Moreno, 2011)

Aunque no hay suficiente información sobre la primera gasolinera en Colombia, fue el desarrollo y el crecimiento del sector automovilístico lo que impulsó su creación; las cerrajerías y herrerías se transformaron en estas estaciones de combustible, para responder a la demanda que cada vez se volvía mayor.

1.2 Desarmando el vehículo

Para el correcto desarrollo de este proyecto es necesario explicar la terminología más importante y conocer las diferencias entre vehículo eléctrico e híbrido.

El “vehículo eléctrico” existe desde hace más de un siglo, pero fue olvidado y reemplazado por el vehículo de combustión interna. En cambio, el concepto del “vehículo híbrido” es relativamente nuevo en el mundo ya que fue presentado de forma masiva al mundo moderno por primera vez en el mercado japonés en 1997, con un modelo del Toyota Prius de la marca Toyota Motor Corporation. (Toyota)

Mucho tiempo después renació en el mercado automovilístico el término de “vehículo eléctrico”, cuando marcas como BMW, Tesla, Fiat, entre otras, comenzaron a crear modelos de carga eléctrica.

1.2.1 Automóvil

Vehículo que se mueve por sí mismo, puede ser guiado para andar por una vía de tránsito normal sin necesidad de carriles o rieles; contiene un motor, generalmente de combustión interna o eléctrico, el cual se encarga de generar movimiento y desplazamiento.

1.2.2 Combustión interna

La combustión interna es el proceso que se da dentro del motor de ciertas máquinas, donde mediante la quema de algún combustible como gasolina o aceite con aire se generan gases calientes, que hacen expandir los pistones dentro de este; la energía mecánica que se obtiene viene de la energía química de uno de los combustibles al arder.

El proceso de combustión interna y los motores que hacen uso de este han sido mejorados con el tiempo para así trabajar mejor y hacer más eficiente el uso de estos combustibles. Actualmente, los pistones abren y cierran de una manera más rápida, logrando utilizar al máximo los gases que son producidos mediante el proceso de quema.

1.2.3 Vehículo eléctrico

Según la Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico, un vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía química guardada en una o varias baterías recargables. Usa motores eléctricos que se pueden enchufar a la red para recargar las baterías mientras no está en movimiento, siempre que la infraestructura eléctrica lo permita.

Un vehículo eléctrico solo dispone de uno o más motores eléctricos y ningún motor térmico, ya que estos convierten al vehículo en un auto híbrido. Estos motores convierten más del 90% de la energía que utilizan en movimiento.

-Vehículo eléctrico puro: usa motores eléctricos de los cuales obtiene toda su energía para el desplazamiento y funcionamiento del vehículo; en algunos casos, están equipados con sistemas de frenos regenerativos, que convierten energía recargando las baterías durante los momentos de desaceleración y frenado.

1.2.4 Motor eléctrico

El motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante acciones de campos magnéticos generados dentro de unas bobinas. Estos son impulsados por fuentes ya sea de corriente continua (CC) o de corriente alterna (CA). La corriente continua proviene de fuentes de alimentación dentro del motor como paneles solares y baterías, mientras la corriente alterna proviene de fuentes externas que no han sido instaladas dentro del motor, como por ejemplo una red eléctrica de afuera.

1.2.5 Vehículo híbrido

La palabra híbrido se refiere a la unión de dos elementos diferentes pero de la misma categoría, por esto un vehículo híbrido es aquel que combina motores eléctricos y de combustión interna dentro de un mismo automóvil, para producir movimiento.

-Vehículos híbridos clásicos: utilizan ambos motores, eléctricos y de combustión interna; mediante frenos regenerativos y un motor de combustión interna se recargan las baterías del motor eléctrico.

-Vehículos híbridos enchufables: tienen mayor autonomía del sistema eléctrico ya que trabajan con un mayor número de baterías que los demás; estas se recargan ya sea por medio del motor de combustión interna o por un enchufe.

-Vehículos híbridos de largo alcance: poseen un sistema de propulsión 100% eléctrico de baterías recargadas al conectarse con una fuente de energía. Un motor de combustión interna con un generador carga las baterías solo en largos trayectos.

1.2.6 Autonomía

La autonomía de un vehículo es la cantidad de kilómetros o millas que este puede recorrer con un tanque lleno o en el caso de los vehículos que hacen uso de batería eléctricas, la carga de estas. La autonomía de un vehículo es un factor diferencial para así entender que tan eficiente es un vehículo en el uso de la gasolina, diesel o energía eléctrica.

1.3 Necesidades infraestructurales

Al desarrollar un nuevo tipo de combustible se creería necesario un cambio radical o por lo menos importante en la infraestructura del lugar donde entrarán los vehículos a transitar; sin embargo, los vehículos eléctricos e híbridos requieren de pocos cambios significativos en términos de infraestructura.

Retomando la definición de infraestructura previamente planteada, como *“el conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera”* (Real Academia Española, 2018), los elementos necesarios para el correcto desempeño de los vehículos eléctricos e híbridos no son muchos; estos carros se pueden recargar en casa al ser conectados a la red de energía del hogar, lo cual deja a un lado la obligación de visitar una gasolinera para recargar el auto, ya sea con gasolina o electricidad.

1.3.1 Electrolineras

Con la llegada creciente de vehículos eléctricos e híbridos al mercado, aparecen en las diferentes ciudades del mundo las estaciones de servicio con dispensadores de energía para automóviles y de recarga de baterías; para nombrar estas estaciones especializadas se utiliza el término *electrolinera*, creado a partir de la combinación de dos palabras: electricidad y gasolinera. “El neologismo *electrolinera* es adecuado para definir las estaciones de servicio que dispensen energía para recargar las baterías de los automóviles eléctricos.” (Fundéu BBVA, 2013)

Existen también otras denominaciones para este tipo de estaciones de servicio como *estación de recarga de vehículos eléctricos*, *estación de servicio ecológica*, *estación de carga (eléctrica)* o *punto/poste de recarga*.

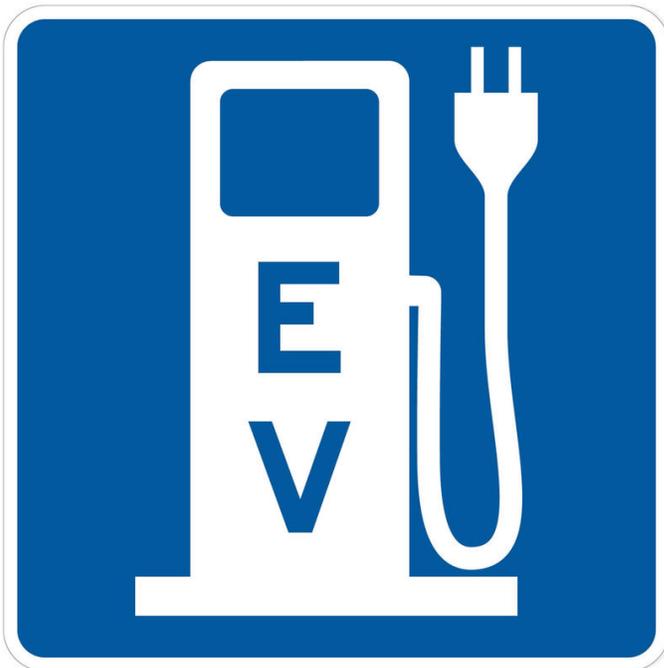


Figura 1. New Hampshire Public Radio (Julio 25, 2017). *Señalización vial para electrolineras.*

1.3.2 Pagos

La forma de recargar las baterías de los vehículos eléctricos e híbridos ha creado la necesidad de utilizar formas de pago diferentes a las convencionales como el dinero en efectivo y las tarjetas de crédito. Estos vehículos tienen dos formas de recargarse, ya sea en casa o en una estación de servicio (electrolinera).

Las electrolineras no requieren de personal presente, por lo tanto han adoptado nuevas tecnologías de pago con sistemas automáticos o de auto servicio, como identificación por radiofrecuencia, aplicaciones en los teléfonos móviles o tarjetas de recarga.

Las aplicaciones en los teléfonos como forma de pago y activación de la recarga requieren de un símbolo que sea reconocido por el lector que en este caso es el teléfono móvil, para que la aplicación que está conectada a una cuenta bancaria reconozca la estación y el monto a cargar, y luego se conecte a esta y la active para comenzar la recarga.

Las tarjetas de recarga es uno de los métodos más utilizados en las estaciones de servicio ecológicas dentro de Colombia, que funcionan de la mano de empresas como Codensa y Emgesa; sólo deben de pasarse por encima del lector del cargador y se inicia la recarga.

Finalmente, la identificación por radiofrecuencia (RFID) es utilizada por medio de etiquetas que son leídas por el sistema antes de comenzar la recarga y el cobro es hecho a través de este. La identificación por radiofrecuencia transmite por medio de ondas de radio la identidad del objeto, en este caso el vehículo, para así poder rastrear las recargas y después facturarlas.

1.4 ¿Cómo anda Colombia?

“La infraestructura de transporte vial es de gran importancia para Colombia, ya que ésta permite mejorar los flujos comerciales, por el hecho de poder transportar mayores productos hacia otros países en menores recorridos, esto explicado por una reducción en el tiempo y distancia mediante una infraestructura adecuada” (Ordoñez)

Actualmente en el país se están desarrollando varios megaproyectos de infraestructura, desde una de las hidroeléctricas más grandes de Suramérica hasta autopistas que conectan un lado del país con el otro; todas estas obras contribuyen al desarrollo económico y social de Colombia y dan viabilidad a la infraestructura necesaria para aumentar el número de carros eléctricos e híbridos.

El Ministerio de Transporte indicó, en el marco del Décimo Cuarto Congreso Nacional de la Infraestructura de noviembre 2017, que *“La inversión de más de 80 billones de pesos para dar paso a una verdadera revolución de la infraestructura ha sido determinante. La mitad de dicha inversión se ha destinado a las autopistas de Cuarta Generación, de las cuales 30 concesiones ya están en marcha. El país pasó de tener 700 kilómetros a 2.100 kilómetros de doble calzadas. Se han intervenido 53 mil kilómetros, se han construido 48 túneles y 430 puentes y viaductos, algo que ha generado 500 mil empleos en los últimos siete años”*.

Proyectos como la Autopista al Mar 2, el cual según la Agencia Nacional de Infraestructura se estima que tendrá una longitud de 254 kilómetros y un costo total de \$2,474,127 millones de pesos, son vías que podrán tener electrolinerías para que los vehículos eléctricos e híbridos puedan viajar largas distancias a lo largo del país sin la preocupación de su recarga.

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango en el Río Cauca, esperando que se superen las dificultades que afronta, brindará aproximadamente el 18% de la energía del país, según Jorge Ignacio Vélez, Profesional en Desarrollo e

Innovación de las Empresas Públicas de Medellín, y esto abastecería las necesidades en cuanto a electricidad que requieren los vehículos de motor eléctricos.

El 22 de noviembre de 2017 el ministro de Transporte, Germán Cardona Gutiérrez, y el presidente de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), Dimitri Zaninovich, anunciaron la interoperabilidad de los peajes electrónicos, que permitirá a los colombianos *“pagar todos los peajes del país de manera electrónica y con un solo dispositivo en sus vehículos”*. Estos dispositivos podrían trabajar junto con los mecanismos de identificación necesarios para el pago de las recargas de estos vehículos.

Capítulo 2

Metodología

2.1 Metodología cualitativa

Para responder al problema planteado inicialmente, la falta de elementos infraestructurales necesarios para la llegada de los vehículos eléctricos e híbridos Colombia, es de gran importancia exponer y describir la metodología que será implementada. Mediante la elaboración y luego implementación de un diseño de trabajo organizado se crearán los pasos bajo los cuales se desarrollará la investigación, teniendo en cuenta los elementos y las personas que harán parte de esta, quienes darán mayor proximidad a la situación y al problema planteado. Estos estarán establecidos desde el comienzo como parte del programa de trabajo que se llevará a cabo, el cual deberá resultar en un esquema teórico explicativo, que permita entender el problema y desarrollar soluciones.

Para darle contexto a esta investigación, se inició con una búsqueda y documentación de bibliografía sobre este tema, tanto en libros especializados como artículos virtuales; esto permitió conocer los conceptos básicos necesarios para el desarrollo de la investigación.

También se implementará una técnica de recolección de datos llamada entrevista en profundidad, donde se entrevistarán algunas expertos en el tema, entre ellos empresarios, líderes de innovación del mercado automovilístico y fanáticos de los carros, que cuentan con conocimientos amplios y concretos frente al tema de los automóviles, incluyendo los vehículos eléctricos e híbridos y sus necesidades infraestructurales de modo que sean fuente de información confiable y certera.

Las entrevistas se basarán en preguntas relacionadas al tema de los vehículos eléctricos e híbridos, sus posibilidades de venta y rentabilidad en Colombia, factores que afectan su llegada masiva e infraestructura que requieren.

Algunos factores indagados serán:

1. Elementos infraestructurales requeridos para poder recibir los autos eléctricos e híbridos.
2. Los retos a afrontar para incentivar la llegada masiva de este tipo de vehículos.
3. Viabilidad de la compra y venta de los vehículos eléctricos e híbridos en el país.

Finalmente, con la información recolectada mediante el análisis bibliográfico y las entrevistas en profundidad, se desarrollara el trabajo de investigación para responder a la pregunta de la forma más real y profunda posible, ya que es con esta información recolectada que se llegará a un producto final, presentado como respuesta de la investigación.

Capítulo 3

Análisis de resultados

Luego de realizar entrevistas a dos personas pertenecientes al mundo automovilístico y de las energías renovables, los señores Santiago Acosta Maya, Gerente de Desarrollo e Innovación de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) y Jorge Ignacio Vélez, Profesional de la Gerencia de Desarrollo e Innovación de EPM, de escuchar a profesionales en el tema como Jorge Londoño de la Cuesta, Gerente General del grupo EPM, Ricardo Sierra Fernández, Presidente de Celsia, y Astrid Correa Abuchaibe, Directora Administrativa Renting Colombia y de asistir y participar en el II Foro de Tendencias de la Energía llamado “Medellín, ¿consolidando la movilidad eléctrica?” del Clúster de Energía Sostenible Medellín y Antioquia, se pudieron evidenciar los siguientes resultados:

3.1 Efectos de los vehículos eléctricos en el mundo

En el II Foro de Tendencias de la Energía realizado en Medellín se presentó el desarrollo de diferentes leyes y normatividad que estimulan y promueven la utilización de energías no convencionales, aquellas que utilizan los vehículos eléctricos e híbridos que cuentan con baterías y motor eléctrico.

Tal es el caso de la ley 1715 de 2014, “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.” Esta tiene como objetivo:

Promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético (Constitución Política de Colombia, 2018).

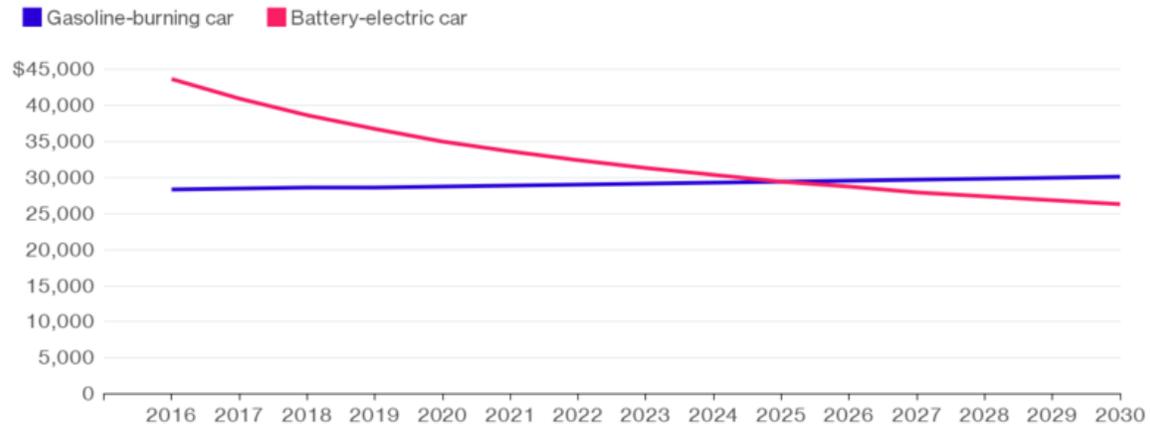
El Decreto 1116 del 29 de Junio de 2017, con el objetivo de “estimular el uso de fuentes móviles que generen menos emisiones contaminantes al aire, con el propósito de proteger la salud humana y buscando disminuir la dependencia de combustibles fósiles no renovables, a través de la incorporación de tecnologías vehiculares más eficientes”, eliminó los aranceles para la importación de los vehículos eléctricos y los redujo a un 5% para los híbridos. Además, definió un IVA diferencial de tan solo un 5% para la compra de estos vehículos, mientras un vehículo normal es de 35%. Estos estímulos son muy importantes ya que el costo de los vehículos eléctricos es elevado. Como fue dicho por el Ministerio de Ambiente,

Si bien la inversión es 2 o 3 veces más alta (de un EV), los costos de mantenimiento y operación de estos vehículos son inferiores a los de un vehículo tradicional, lo que implica en el largo plazo un retorno de la inversión inicial. Si en Colombia empezamos a cambiar la concepción al momento de realizar la compra de un carro, analizando los costos en los que debo incurrir por consumo de combustible y demás necesidades de mantenimiento, los eléctricos se pueden convertir en una opción atractiva para los compradores (Ministerio de Ambiente, 2017).

Sin aranceles y un porcentaje de IVA tan bajo, el costo de los vehículos que usan la energía eléctrica se asimila a los de los vehículos de gasolina o diesel, motivando su compra. En la siguiente tabla se pueden ver los cambios de precios que acontecerán en el futuro cercano de los vehículos eléctricos y los vehículos de gasolina, demostrando que en el 2026 los autos eléctricos serán de menos valor que los de gasolina.

Bargain Option

Electric vehicles are projected to be cheaper than regular cars by 2026



Source: Bloomberg New Energy Finance
Note: Data is for medium-sized cars in U.S. prices

Bloomberg

Figura 2. Bloomberg New Energy Finance. (Mayo 21, 2017). *Cambio de precios (dólares americanos) de los vehículos eléctricos y a gasolina en el futuro.*

En las entrevistas se conoció sobre el programa desarrollado en California llamado “The Zero Emission Vehicle” (ZEV), adoptado en otros nueve estados de Estados Unidos incluyendo Nueva York, Massachusetts y Nueva Jersey. Este programa obliga a las marcas fabricantes de autos a tener al menos un modelo de vehículo eléctrico en el mercado para poder distribuir sus vehículos en los estados donde se adopte el ZEV. Un ejemplo es la marca alemana Mercedes Benz, la cual no tiene autorización de distribuir sus vehículos en California por el hecho de no contar con vehículos eléctricos.

Finalmente, en el II Foro de Tendencias de la Energía llevado a cabo en Medellín, se conoció la intención de varios países de prohibir la venta de carros a gasolina y diesel a partir del año 2040, incluyendo a Alemania, Francia, India y Gran Bretaña. A partir de ese año los fabricantes de carros solo podrán vender vehículos eléctricos o motorizados por energías más “limpias”.

3.2 ¿Por qué en Colombia no?

Partiendo de la primera pregunta planteada y usada para las entrevistas que se llevaron a cabo: ¿Crees que en Colombia existen los elementos necesarios para que los carros eléctricos e híbridos funcionen correctamente? Se encontró que a diferencia de la investigación previamente hecha y expuesta en el marco teórico, Colombia es un país que infraestructuralmente tiene los elementos necesarios para suplir las necesidades de los vehículos eléctricos e híbridos que existen hasta el día de hoy; no es necesario demostrar la falta de estos elementos ya que sí los hay. Si el contexto fuese diferente y en el país hubiera un número mayor de vehículos eléctricos e híbridos, si se pudiese decir que en Colombia no existen los elementos necesarios para suplir las necesidades, en términos de infraestructura, de los vehículos de carga eléctrica.

A partir de esto se llegó a la conclusión de que en Colombia el desarrollo de la infraestructura que precisan estos vehículos se ha dado como forma de negocio y no como solución a un problema; la razón para esto es la baja cantidad existente de EV y PHEV; es decir, en Colombia no hay un problema en términos de infraestructura sino una falta de vehículos que funcionen con esta tecnología. Estos vehículos tienen actualmente una concepción urbana pues debido a la falta infraestructura de carga nacional no es posible realizar viajes largos. El ministro de Hacienda, Mauricio Cárdenas, indicó que “no contar con una cantidad significativa de vehículos eléctricos hace que la infraestructura de carga existente sea suficiente para la demanda y en tal sentido no se logrará mayor cobertura de la infraestructura”. Es decir, a medida que se incremente el número de vehículos, se puede dar un mayor desarrollo en infraestructura.

Finalmente, como respuesta a la primera pregunta planteada en la metodología, se encontró que la razón principal por la cual en Colombia no se da la llegada de los vehículos eléctricos e híbridos de forma masiva son los prejuicios que se tienen sobre este tipo de vehículos; se halló que en Colombia muchas

personas tienen prejuicios y conceptos errados que las hacen preferir los modelos de combustión interna, es decir de gasolina o diésel. Esto hace a su vez que la mayoría de las marcas presentes en Colombia, no ofrezcan modelos eléctricos o apenas los estén introduciendo al mercado, como el Renault Zoe, el Nissan Leaf, el BMW i3 y los modelos híbridos de BMW.

Estos prejuicios se pueden catalogar en tres grupos:

3.2.1 Autonomía

De acuerdo con el concepto previo de autonomía en un vehículo, el primer y mayor prejuicio que se tiene en torno a estos autos es la distancia que pueden recorrer con una carga completa de la batería del vehículo, la cual se cree que es poca. Modelos como el Renault ZOE o el Volkswagen e-Golf que tienen una autonomía de 300 km, demuestran lo contrario. Según información recogida en el II Foro de Tendencias de la Energía, un conductor promedio en la ciudad de Medellín se podría decir que recorre menos de 50 kilómetros al día, lo que significa que una batería cargada al 100% alcanzaría para 6 días aproximadamente. En la siguiente tabla se puede identificar por estilos, el rango de autonomía de los diferentes modelos eléctricos.

Electric-Car Boom

Models by style and range available through 2020

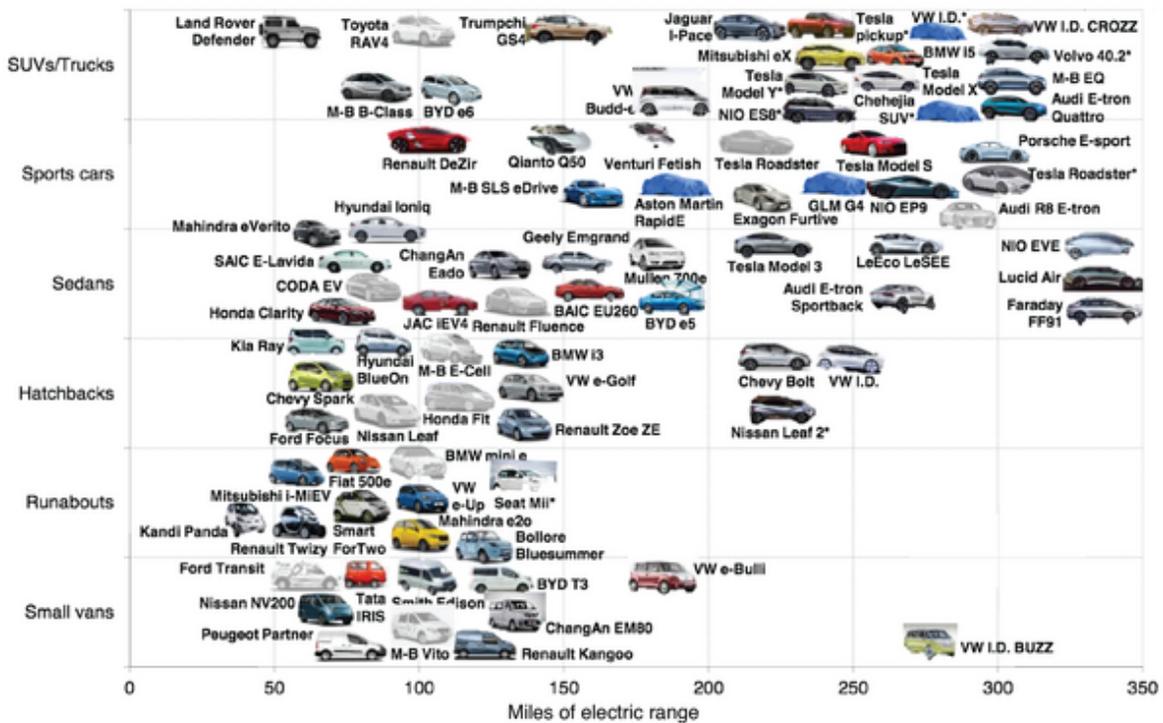


Figura 3. Bloomberg New Energy Finance. (Mayo 21, 2017). *Vehículos eléctricos disponibles en el mercado y su autonomía.*

Otro punto respecto a la capacidad de las baterías, es el temor a que el vehículo por falta de autonomía deje de andar en cualquier momento, dejando al conductor en problemas. Como respuesta a esto se encontró que en primer lugar los vehículos híbridos y eléctricos cuentan con un dispositivo de freno regenerativo, el cual al reducir la velocidad del vehículo transforma la energía cinética en energía eléctrica y es almacenada para un uso futuro, haciendo al vehículo parcialmente autosuficiente que difícilmente se puede quedar sin batería. Además, por medio de las entrevistas se conoció que en Medellín existen 21 electrolinerías de las Empresas Públicas de Medellín, 17 estaciones dobles de carga lenta y 4 estaciones de carga rápida. En la siguiente figura, se observa la ubicación de las primeras 14 estaciones dobles de carga lenta que hay en la ciudad de Medellín.



Figura 4. Empresas Públicas de Medellín. (Febrero 1, 2018). *Primeras 14 estaciones de carga lenta de EPM en Medellín.*

Estas estaciones de carga, junto con las de la empresa de energía Celsia, cubren gran parte del territorio de la ciudad de Medellín descartando la posibilidad de vararse por falta de carga en la batería.

3.2.2 Precio

El Segundo prejuicio que se tiene acerca de los vehículos eléctricos e híbridos en el mercado colombiano, es su alto costo. Por el contrario, los vehículos de carga eléctrica son autos de bajo costo un ejemplo de esto es el Renault Twizy que cuesta \$40.000.000 de pesos. Además, los gastos también son más económicos que los de un automóvil de gasolina o incluso diesel, ya que las recargas de las baterías son, por ser con energía eléctrica son muy económicas.

Este prejuicio debe de ser cambiado por medio de la explicación de que a medida que pasa el tiempo, la inversión que se hizo en la compra del carro, se

recupera con el bajo costo de las cargas de las baterías, en comparación al precio de los combustibles. Es decir, el retorno de la inversión.

3.2.3 Caballos de fuerza y velocidad

Por último, se encuentra un prejuicio errado relacionado con la velocidad y los caballos de fuerza que tienen este tipo de vehículos. El BMW i3 alcanza una velocidad de 100 kilómetros por hora en menos de ocho segundos y cuenta con 170 caballos de fuerza y el Nissan Leaf alcanza una velocidad máxima de 150 kilómetros por hora. Ambos vehículos ya están disponibles en el mercado colombiano. Otros vehículos eléctricos como el Tesla Model X, alcanzan una velocidad máxima de 250 kilómetros por hora.

Los modelos que hay en el país hasta hoy son vehículos que no les hace falta ni caballos de fuerza ni velocidad: en Colombia el límite de velocidad es menos a los 100 kilómetros por hora y estos carros alcanzan una velocidad máxima similar a la de muchos carros que se venden masivamente.

3.3 Menor complejidad

El tercer resultado encontrado es el fácil uso y manejo que tienen estos vehículos, desde su mantenimiento hasta la forma de vida que brindan en comparación con aquellos de combustible. Los vehículos eléctricos e híbridos que hacen parte del mercado de hoy en día son vehículos relativamente nuevos, son autos muy modernos e innovadores que facilitan la vida de los usuarios. Estos vehículos tienen 80% menos partes movibles, lo que los hace poco complejos a la hora de ser reparados o manipulados.

En la siguiente figura se pueden ver la reducción en partes movibles de los vehículos híbridos eléctricos, los vehículos híbridos enchufables y los vehículos 100% eléctricos, mostrando los sistemas y el empleo que desarrollan en los diferentes vehículos.

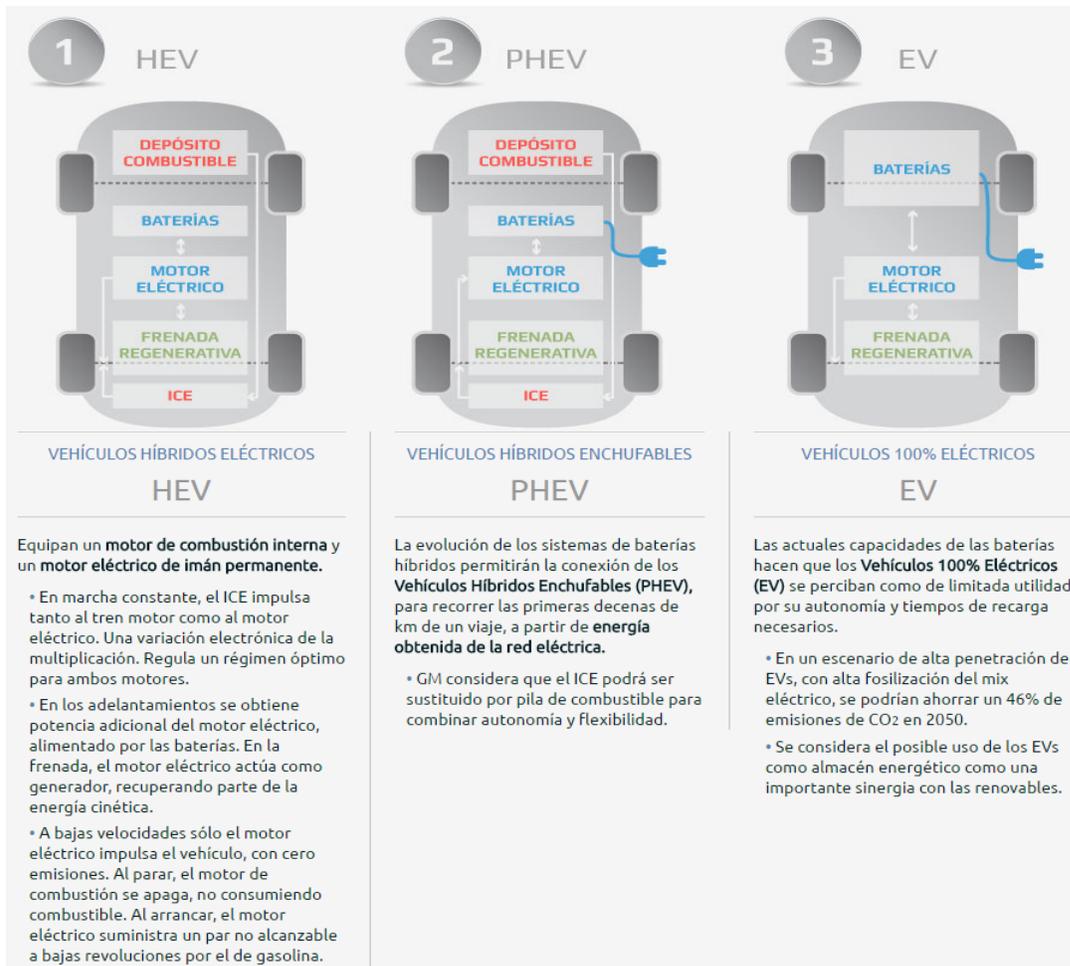


Figura 5. Endesa. (s.f). *Partes movibles de los HEV, PHEV y EV.*

Gracias a la reducción de partes movibles, estos vehículos no requieren de grandes talleres ni concesionarios, con tan solo una revisión electrónica se encuentra fácilmente el problema en estos. Además, en el momento de conectar la batería para recargarla, el sistema se encarga de revisar el vehículo para cualquier problema que pueda tener, y si lo tiene, envía una alerta y la batería no recarga. Las revisiones electrónicas para estos carros se hacen de una manera similar a la forma de recargar en las electrolineras, de forma electrónica y personalizada con la tarjeta de recarga, para así reconocer cualquier problema que pueda tener el vehículo y prevenir al conductor al momento de salir.

3.4 A futuro

Para concluir el análisis de resultados, se investigó también sobre los efectos que traería la llegada masiva de estos vehículos a Colombia. A medida que incremente significativamente el número de vehículos de este tipo en Colombia, se verán justificadas las inversiones en infraestructura para estos vehículos, ya que hasta ahora las necesidades están suplidas.

En el desarrollo del Marco Teórico se mencionó el posible uso de varios recursos ya existentes y en proceso de desarrollo que tiene el país, como el proyecto Hidroituango, para abastecer las necesidades eléctricas de estos vehículos en el momento que el número de vehículos híbridos y eléctricos en el país crezca. Sin embargo, éste tuvo que detenerse por una falla natural en el proceso de construcción durante la última etapa del proyecto y su fecha para entrar en funcionamiento es incierta. Si el número de vehículos eléctricos e híbridos comienza a crecer de forma rápida se tendrá que encontrar otra fuente de energía para suplir las necesidades de estos, como los paneles solares que en tan solo cinco años redujeron su precio 10 veces, creando una solución para una posible falta de energía que se pueda dar en Colombia.

También partiendo de la idea de la implementación de elementos como las estaciones de carga en los nuevos proyectos del país como la Autopista al Mar 2, mencionada en el Marco Teórico, por medio del presidente de la empresa de energía Celsia, Ricardo Sierra Fernández, se halló el plan de incluir estaciones de carga para vehículos eléctricos en las nuevas autopistas. Esto acabaría primero con la idea de que en Colombia no se pueden hacer largos viajes en vehículos eléctricos y segundo, llevaría más lejos el concepto de un vehículo híbrido o eléctrico, para que de esta forma más personas los conozcan y adquieran un carro de carga eléctrica.

Capítulo 4

Conclusiones

Como resultado de este proyecto de investigación y como respuesta a la pregunta ¿Qué requiere Colombia, en términos de infraestructura, para recibir los vehículos eléctricos e híbridos que ingresarán al país?, se llegó a varias conclusiones.

La primera es que los vehículos eléctricos e híbridos no requieren de muchos cambios en la infraestructura de un país, por lo contrario, son carros que precisan de menos elementos infraestructurales por tener un 80% menos de partes movibles y por ser una tecnología desarrollada desde hace muchos años, los modelos que existen son casi que completamente renovados en cuanto a la forma de funcionar.

Colombia tiene la infraestructura suficiente para la demanda actual de los vehículos eléctricos e híbridos. A medida que se incremente su número se podrá dar un mayor desarrollo en infraestructura, ya que sólo en ese momento le justificará a los proveedores de servicios relacionados con de este tipo de vehículos, hacer inversiones para lograr una mayor cobertura de la infraestructura; así estos vehículos podrán pasar de tener una concepción urbana a convertirse en una alternativa de movilidad dentro y fuera de las ciudades.

Se requieren más incentivos por parte del gobierno colombiano, tanto para las empresas que comercializan autos para que ofrezcan más vehículos eléctricos e híbridos y expandan el mercado de vehículos de este tipo, como para los compradores o consumidores colombianos, para que adquieran este tipo de vehículos. Incentivos como el programa Zero Emission Vehicle del estado de California en los Estados Unidos de América, para que las empresas en Colombia deban de tener modelos eléctricos para así poder vender en el país.

Como último y más importante resultado, se llegó a la conclusión de que es cuestión de eliminar y cambiar los prejuicios que tienen los colombianos en cuanto a los vehículos eléctricos e híbridos y su precio, velocidad y autonomía. La llegada

de estos vehículos y por ende el desarrollo de la infraestructura necesaria para su entrada masiva se dará en cuanto los prejuicios que se tienen sean eliminados.

Bibliografía

Alegret, X. (02 de Marzo de 2016). ¿Cuántos coches circulan por el mundo? *Economía Digital* .

Ambiente, M. d. (2017). (E. Berdugo, Entrevistador)

Fundéu BBVA. (13 de Agosto de 2013). Obtenido de www.fundeu.es

Londoño, C. (10 de Enero de 2014). Historia y origen de los pavimentos de concreto en Colombia. *360 grados en concreto* .

Mitchell, W. J. (Octubre de 2007). Ciudades inteligentes. *UOC papers* .

Moreno, F. (24 de Enero de 2011). La primera gasolinera del mundo. *Diario Motor* .

Ordoñez, K. *INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE VIAL: UN FACTOR DE ATRASO PARA LA COMPETITIVIDAD DE COLOMBIA EN LA ALIANZA PACÍFICO*. Universidad de la Salle.

Santamarta, J. (Mayo-Junio de 2009). El futuro del automóvil es eléctrico. *Técnica Industrial* .

Toyota. (s.f.). *The Hybrid That Started It All*. Obtenido de Toyota Global: www.toyota-global.com